

РЕДАКЦИОННО

Всеки редактор в научно списание предпочита да пише за положителни събития. Особено за положителни събития, станали в нашата наука. За периода след излизането на книжка 3, такова събитие наистина украси родната физика, и то по забележителен начин – чрез участието на български учени в съвместни изследвания с двама от тазгодишните носители на Нобеловата награда по физика. Сътрудничеството с Исаму Акасаки и Хироши Аmano не е инцидентно, а систематично и продължително. Българските съавтори на нобелистите са шестима, броят на съвместните статии е повече от 40 за период от повече от десет години. Списание „Светът на физиката“ има удоволствието да публикува популярно описание на изследванията, довели до създаването сините светодиоди, за които Акасаки и Аmano са наградени с Нобеловата награда за 2014 година. Автор е един от основните участници в съвместните изследвания, доц. дфн Евгения Вълчева от катедра „Физика на твърдото тяло и микроелектрониката“ на Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“ (виж раздел *Науката*). В статията има и малка скромна секция за „българската следа“ в този кръг изследвания. Необходимо е да се отбележи, че българските колеги са се включили в изследванията след периода, за който е присъдена Нобеловата награда, но тези изследвания по никакъв начин не могат да се определят като скромни.

За съжаление и „катранът в кацата с мед“ на българската наука за периода също не беше малко. На 11 декември Джон Боханан, научен журналист, публикува в престижното списание *Science* (импакт фактор 31.477 за 2013 г.) съобщение със заглавие „Изследване на огромен архив от препринти подсказва каква е географията на плагиатството“. Съобщението се основава на статия, публикувана в *Proceedings of The National Academy of Science, USA (PNAS)*, в която се представят резултати от мащабно изследване на случаи на „заемане“ на текст от вече публикувани статии. Изследваните статии са депозираны в „Архива“, arXiv.org, – хранилище на препринти, популярно сред физици, математици и други колеги, които използват количествени методи в тяхната работа. Автори на статията в PNAS и на алгоритъма за разкриване на копи-пейст участъци са създателят на Архива Пол Гинспарг и Даниел Сайтрън. Основни аспекти на метода и главните резултати са представени в отделна статия в настоящия брой (виж стр. 417). Тук ще отбележим, че изнесените от авторите данни за количеството копиран текст в статиите са плашещи, макар че вероятно би трябвало да се очакват. Преди около двадесет години световната научна общност навлезе в една нова ера, чието основно възрение се определя от крилатата фраза „публикувай или умри“ (publish or perish). Комбинацията ѝ с лесната възможност за копиране (рециклиране) на собствен или чужд текст почти предопределя днешно състояние на нещата.

Къде сме ние в „бизнеса“ рециклиране на публикувани статии? В оригиналната публикация на Гинспарг и Сайтрън данни за географското разпределение не са

представени, но такива е имало и Джон Боханан е успял да ги получи и публикува под формата на световна карта на плагиатството. Оказва се, че България на нея е отбелязана като световен шампион, пред страни, „прочули се“ в миналото с шумни плагиатски скандали – Иран, Турция, Египет и др. По-конкретно, 20.43% от всички български статии, публикувани в Архива, са с флаг за значителен дял от текст, който е съвпадал с текст на други статии. При това алгоритъмът отсява такива текстове, които, макар с копиран текст, оригиналните статии са цитирани надлежно. Хубаво е да се знае, че администраторите на arXiv.org вече регулярно изследват за заемки всяка нова статия и при надхвърлянето на определен праг статията се маркира като възможен плагиат.

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 16 лв., за пенсионери и студенти – 8 лв.

Ако желаете да се абонирате – пишете на worldofphysics@abv.bg

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

София

- Книжарницата на БАН: София 1000, ул. „15 ноември“ № 1, тел. (02) 987 97 86
- Книжарницата на Математически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“: София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5
- Книжарница „Нисим“, бул. „В. Левски“ 59
- Съюз на Физиките в България, Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“: София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5, Снежана Йорданова, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg

Варна

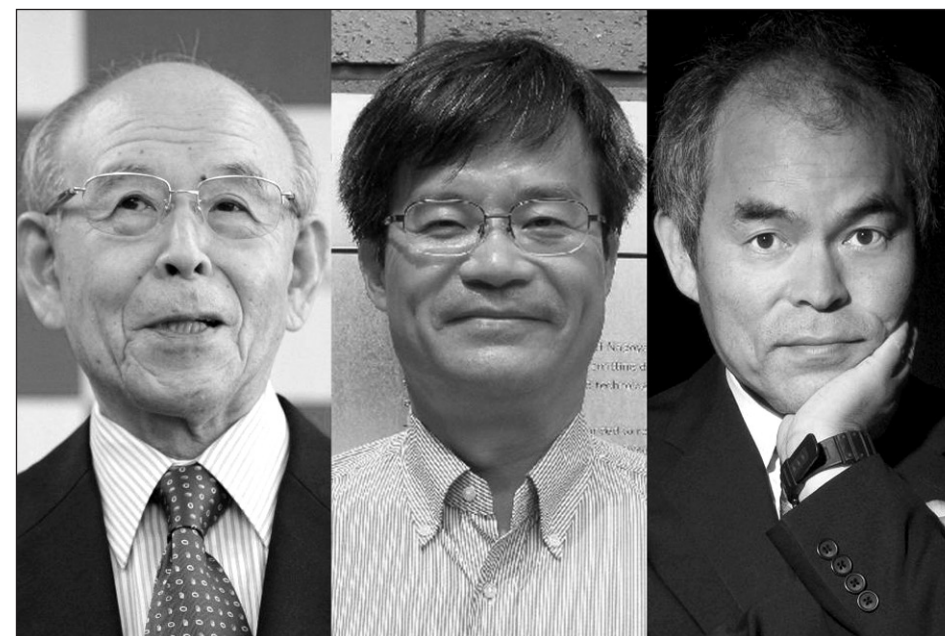
Народна Астрономическа Обсерватория и Планетариум „Николай Коперник“, Приморски парк 4

НОБЕЛОВИ НАГРАДИ 2014

М. Замфиров

През тази година Нобеловите награди се присъждат за 113-и път. Кралската Шведска академия на науките реши, че

НОБЕЛОВАТА НАГРАДА ПО ФИЗИКА се присъжда на японските учени:



Исаму Акасаки (р. 30 януари 1929 г.), Хироши Амано (р. 11 септември 1960 г.) и Шуджи Накамура (р. 22 май 1954 г.)

„за изобретяването на синия светодиод като източник на светлина с висока ефективност относно пестенето на енергия и опазването на околната среда“

Според Нобеловия комитет изобретяването на ефективни сини светоизлъчващи диоди е позволило създаването на източници на ярка, енергоспестяваща и екологична бяла светлина. Сега това са вече широко известните и използвани LED източници на бяла светлина – лунички, лампи, автомобилни фарове, осветителни ленти, които представляват син светодиод, възбуждащ бяло излъчващ фосфоресцентен слой.

Около една четвърт от световното потребление на електроенергия е предназначено за осветление. Това означава, че светодиодите допринасят за пестеливото енергопотребление на Земята. Освен това LED лампите спестяват в значителна степен и материалите за тяхното производство, като животът им е с продължителност до 100 000 часа в сравнение с 1000 часа за лампите с нажежаема жичка и 10 000 часа за луминесцентните лампи.

LED лампите са ефективно средство за повишаване на качеството на живот на повече от 1,5 милиарда души по света, които нямат достъп до електрическите мрежи. Поради ниски изисквания за мощност, светодиодните лампи може да се хранят от евтини местни соларни източници на енергия.

През последните години в изследователската работа на двама от Нобеловите лауреати – Хироши Аmano и Исаму Акасаки, успешно участват със съвместни публикации и български физици – доц. д-р Евгения Вълчева от Физическия факултет на Софийския университет, както и д-р Таня Паскова, д-р Пламен Пасков, д-р Ваня Даракчиева.

Нобеловата награда за физиология и медицина се присъжда на американеца Джон О'Кийф и норвежците Мей-Брит и Едвард Мозер за *„тяхното откритие на клетки, образуващи позиционираща система в мозъка“*.

Нобеловата награда за химия се присъжда на германеца Щефан Хел и американците Ерик Бетциг и Уилям Морнър за *„разработването на флуоресцентна микроскопия с висока резолюция“*.

Нобеловата награда за литература се присъжда на френския писател Патрик Модiano за *„изкуството на спомена, с което той пресъздава най-неуловими човеци предопределения и разкрива живия свят на влечението“*.

Нобеловата награда за мир се присъжда на пакистанската ученичка и активист за образование на жените Малала Юсуфзай и на индийския активист за правата на децата Кайлаш Сатяртхи за *„тяхната „борба срещу потискането на децата и младите хора и за правото на всички деца на образование“*.

Нобеловата награда за икономика се присъжда на французина Жан Тирол за *„анализа му на силата на пазара и регулацията“*.

СИНИТЕ СВЕТОДИОДИ: В КРАЯ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВАТА РЕВОЛЮЦИЯ

Евгения Вълчева

2014 година е специална в историята на науката за луминесценцията и оптиката като цяло. През тази година изследванията, свързани с луминесценцията, получиха изключително признание. Нобеловите награди за физика и химия бяха присъдени за постижения, тясно свързани с тази област от оптиката. Нобеловата награда по физика за 2014 г. е присъдена на Isamu Akasaki, Hiroshi Amano, и Shuji Nakamura за създаване на високо-ефективни сини излъчвателни диоди, които позволяват конструирането на ново поколение източници на бяла светлина [1]. Според Нобеловия комитет изобретяването на ефективни сини светоизлъчващи диоди с основен материал галиев нитрид (GaN) позволи създаването на източници на ярка, енергоспестяваща и екологична бяла светлина по *фундаментално нов начин*.

Наградата е присъдена главно за ранните фундаментални **постигания** (в периода около 1985-1995 година) на тримата лауреати върху критични процеси за получаване на полупроводникови диодни структури за излъчване на синя светлина [1]. Това е може би последното голямо научно откритие на физиката от края на XX век. То идва в завършек на поредица от блестящи открития, които павираха пътя на електрониката и безпрецедентното навлизане на техниката в ежедневието ни живот. Всички те са **практически изобретения, които произлизат от фундаменталните постижения на квантовата механика и квантовата теория на твърдото тяло. Разбиранията на учените в частност за физиката на полупроводниците бързо прогресират през 40-те години на XX в., което довежда до създаването на много приложения, в това число и излъчвателните диоди (Light-emitting diodes – LED).**

Излъчвателните диоди са източници на светлина, изградени от полупроводникови материали, излъчващи в различна част на спектъра от инфрачервена до ултравиолетова светлина. На каква дължина на вълната (какъв цвят) ще излъчват LED диодите зависи от това какъв полупроводников материал се използва, основно от това каква е ширината на забранената зона на полупроводника. В LED електричество директно се превръща в светлинни частици – фотони. Това е един високоефективен процес в сравнение с другите източници на светлина, при които по-голямата част от електричеството се превръща в топлина и само малка част – в светлина. Съвременните излъчвателни диоди са със сложна конструкция, изградени от няколко слоя материали с полупроводникови свойства.

Ефективността на LED светлинната технология е много близо до теоретичната максимална ефективност, тъй като един фотон се излъчва от рекомбинация на една двойка електрон-дупка. Ефективността на процеса на превръщане на електрическата енергия в оптическа не може да надхвърли 100%, тъй като се ограничава от действието на първия закон на термодинамиката.

Полупроводниковата революция

Полупроводниковата революция започва, когато първите практически използваеми транзистори са създадени от W. Shockley, J. Bardeen и W. Brattain около 1947 г. и се поставя началото на бързо нарастване на приложенията на полупроводниците в информационните технологии. Заедно с изобретяването на интегралната схема от J. Kilby в края на 50-те и полупроводниковите хетероструктури от H. Kroemer и Z. I. Alferov през 60-те се поставят основите на модерното информационно общество.

Успоредно с поставянето на основите на електрониката са докладвани наблюдения на излъчване на светлина от материали при прилагане на електрично поле. Например първото съобщение за наблюдавана синя електролуминесценция от прахообразен SiC е през 1923 г. По това време свойствата на материалите трудно се контролират и емисионните процеси не са обяснени, тъй като за полупроводници още не се говори. В края на 60-те тънки слоеве SiC се получават със значително по-високо качество и са получени първите излъчвателни сини диоди. Ефективността на превръщане на електрическата енергия в оптическа обаче е само 0.005% [2]. В следващите десетилетия сините SiC LED не са съществено подобрени, тъй като фундаментално ограничение е непряката забранена зона на SiC. В края на 90-те най-добрите, излъчващи на 470 nm, имат ефективност само 0.03% и постепенно излизат от употреба [3].

След изясняване на свойствата на полупроводниците настъпва период на развитие на технологичните методи за израстване на обемни материали и тънки слоеве чрез епитаксия от полупроводниковите съединения III-V (съединения на елементи от III и V група на периодичната таблица). Това създава възможност да бъдат реализирани и първите излъчвателни диоди. Например в средата на 50-те се получават големи монокристални слитъци GaAs от стопилка, след което се нарязват на шайби, полират се и се използват за подложки за израстване на p-n диодни структури с течна или газова епитаксия. Първите инфрачервени диоди на GaAs са докладвани през 1962 [4]. За да се постигне излъчване във видимата област GaAs се сплавя с GaP и скоро са демонстрирани червени LED [5]. До 90-те все още ефективността е ниска, около 0.2%.

През 60-те и 70-те години започват и първи опити за откриване на материал, подходящ за получаване на синьо излъчване. Това са първи целенасочени изследвания на GaN поради забранената му зона от ~3,4 eV, а също и ZnSe. Поради изключителните трудности в сравнение с GaAs и другите традиционни III-V полупроводници, **с които се сблъскват изследователите при опитите да се израсте монокристален GaN**, след първоначалния ентузиазъм постепенно се наблюдава отлив, като дори през 1982 са публикувани само десетина статии върху GaN в целия свят. Синьо и ултравиолетово излъчващи диоди, въпреки усилията, не могат да бъдат получени в продължение на повече от 30 години.

Проблемите, които трябва да бъдат решени, са главно три, както обобщава в свое изказване Нобеловият лауреат И. Акасаки: „Независимо от многобройните усилия на изследователите върху нитридни полупроводници в целия свят, се изискваха три, изглеждащи невъзможни, постижения, за да се получат висо-

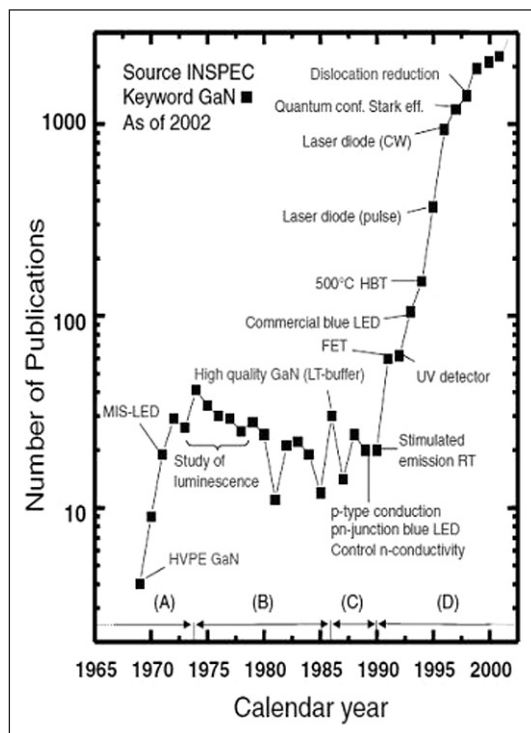
кокачествени сини луминесцентни прибори: 1. Създаване на висококачествени монокристални материали; 2. Контрол на електрическата проводимост (p- или n-тип); 3. Създаване на висококачествени квантови наноструктури (основаващо се на т. 1 и 2 по-нагоре)“ [6].

За разлика от повечето изследователи в областта на излъчвателните диоди, Акасаки остава убеден в обещаващите свойства на GaN като материал за синя луминесценция и продължава да работи упорито върху горните три проблема в продължение на години, макар по негови думи да се чувства „самотен в пустошта“ („walking alone in a wasteland“) [6]. Поради невъзможността да се получат монокристали с методите за израстване на обемен материал, Акасаки се връща към стари идеи за хетероепитаксия (израстване на монокристални тънки слоеве върху различна от GaN, но съвместима кристална подложка, например сапфир). Това е не по-малко трудна задача, тъй като при хетероепитаксиалния растеж, поради разликата в константите на кристалните решетки на подложката и слоя, възникват проблеми, свързани с качеството на слоевете. Трудности, които трябва да се преодолеят, са големият брой дислокации (структурни дефекти), които действат като уловки за електроните и силно понижават ефективността на излъчване. Натрупват се напрежения в кристалната решетка, водещи до огъване и напукване на слоевете и др.

Дългогодишните целенасочени усилия дават резултат и първият пробив е получаването на **слой с гладка повърхност и контрол върху проводимостта в групата на Акасаки през 1986 г.** GaN слой е получен върху сапфир, като се използва тънък буферен слой от AlN (алуминиев нитрид), който има ролята да подпомогне напасването на двете решетки и да намали вградените напрежения [7]. През 1989 при участието на Аmano (тогава докторант при Акасаки) е решен проблемът с p-тип легирането чрез Mg и отгряване с електронен лъч [8]. По същото време Накамура разработва GaN слоеве и диодни структури по алтернативни методи, като използва нискотемпературен GaN буфер преди основното израстване и активиране на Mg примесите чрез температурно отгряване. Накрая, през 1994, Nakamura във фирмата Nichia Chemical Industries разработва син и зелен GaN LED с ефективност над 10%, като използва хетероструктура [9]. През следващата година получава качествен диод с квантови ями и първия синьо-виолетов лазерен диод. През 1996 и в двете групи е реализиран лазерен син диод на основата на InGaN.

От този момент в много лаборатории започва период на бурно развитие на получаването на GaN с различни технологични методи и изследване на негови фундаментални свойства и характеристики. (Фиг.1).

Успоредно с навлизане на технологията в по-зрял период и конструкцията на сините диоди търпи развитие. Движеща сила е стремежът за повишаване на ефективността на излъчване с крайна цел приближаване към теоретичната. Докато първите работещи и ефективни диоди са на принципа на **p-n прехода, следващият важен момент е използването на хетеропреход (Фиг. 2).** Хетеропреход или хетероструктура се формира, когато два различни полупроводника се доведат в контакт. Развитието на технологията



Фиг. 1. Брой публикации и дейности върху нитриди през годините.

Период А: Броят публикации нараства след първото синтезиране на GaN монокристали.

Период В: Дейностите по GaN постепенно намаляват.

Период С: Кристалното качество на нитридите се подобрява силно, постигнат е контрол върху р- и n-тип проводимостта. Период D: Огромна прогрес, както и неимоверно нарастване на работите в полето на GaN [10]

тройни съединения са $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ и $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$, като промяната в процентното съдържание 'x' определя как се променя забранената зона между стойностите за двете изходни съединения AlN (6.2 eV) и GaN (3.4 eV) в първия случай и между 3.4 eV и 0.7 eV във втория (Фиг. 3).

По-късно като следващ етап се прилагат структури с квантови ями (хетеропреходи, изградени от квантово-тънки слоеве, с дебелини няколко нанометра) и многократно повтарящи се квантови ями, които позволяват да се намалят загубите, да се увеличи ефективността и монохроматичността на излъчването на диодите и лазерите (Фиг. 4).

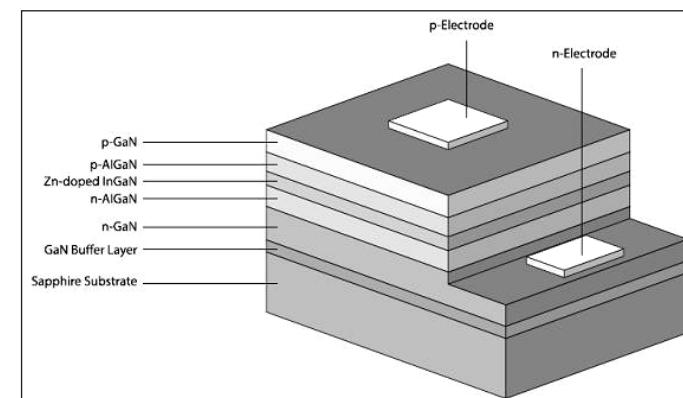
на хетероструктурите доведе в глобален мащаб до производство на транзистори с висока електронна подвижност (High-Electron Mobility Transistor (HEMT) и лазери. Предимството на тези структури се определя от факта, че електронните свойства на целия прибор се определят от хетеропрехода, което позволява да се проектират прибори със специфични електронни и оптични свойства, като се избират различни двойки полупроводникови материали. Най-значителното постижение в тази област е лазерът, конструиран от два хетеропрехода от Алфьоров и Крьомер през 1963 г., за което те получиха Нобелова награда през 2000 г.

Особено се разширява обхватът на възможностите за проектиране на нови прибори, когато усъвършенстваната технология позволява да се получават освен III-V двойни съединения, също и тройни, четворни и дори многокомпонентни с високо кристално качество. Това дава допълнителна свобода при проектирането на нови прибори, тъй като чрез контролиране на химичния състав на новото съединение може да се получи материал с подходяща ширина на забранената зона или, както е известно, „bandgap engineering“.

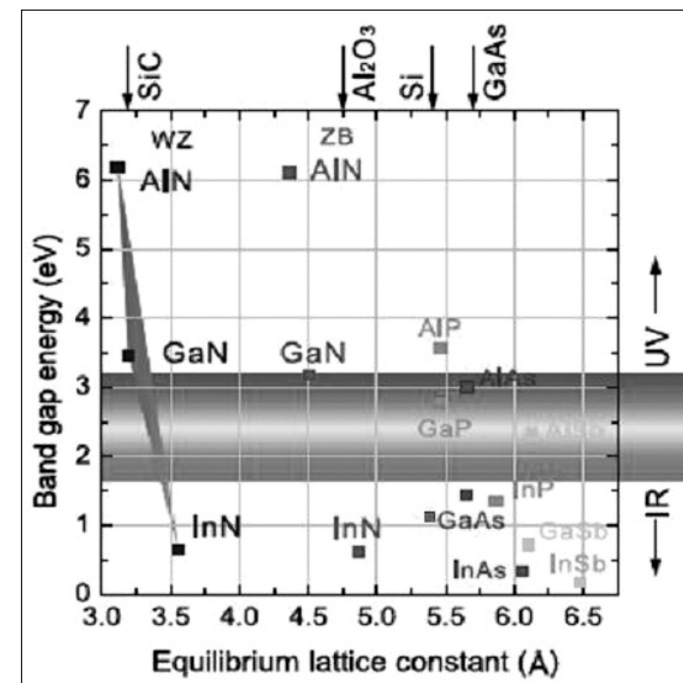
Точно тези идеи се прилагат и при нитридните полупроводници, които освен GaN, включват AlN и InN. Съответните

Към този момент най-високите постигнати ефективности при сините диоди достигат 70%. LED и лазерните диоди илюстрират типовете прибори от полупроводникови съединения, които като оптични или фотонни прибори революционизират полупроводниковата индустрия. Тези компоненти извършват функции, които силициевите не могат, когато става дума за генериране, съхранение и предаване на светлина. Високоэффективните и ярки LED се получават чрез епитаксиално израстване на наноразмерни многослойни структури в сложни високотехнологични технологични платформи като метал-органична епитаксия (MOCVD) и молекулярно-лъчева епитаксия (MBE) [13,14].

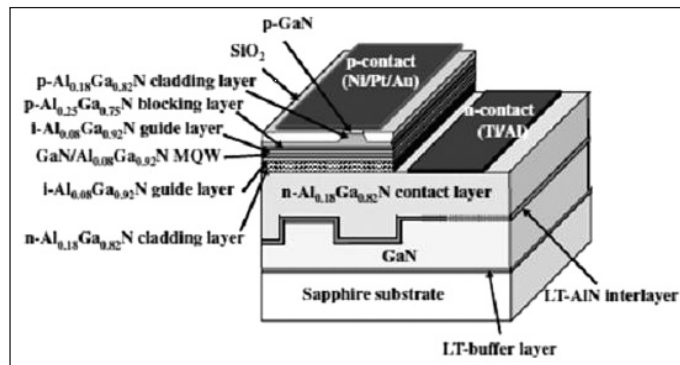
Галиевият нитрид остава материал с огромен потенциал за бъдещето за получаване на електронни прибори, по-ефективни от тези на основата на силиций. С усъвършенстване на сините LED и лазери, както беше казано в началото, целият свят на осветлението – такова, каквото го познаваме, вече се променя. Високоэффективни източници на бяла светлина навлизат в бита ни – лампи, лунички, автомобилни фарове, осветителни ленти. В източниците на бяла светлина син светодиод възбужда зелено и червено светене от фосфоресцентен слой и от комбинацията на трите цвята се получава бяла светлина. Революционизира се оптични-



Фиг. 2. Структура на син LED с двойна хетероструктура InGaN/AlGaN [11]



Фиг. 3. Ширина на забранената зона на основните полупроводникови съединения при съответната константа на решетката



Фиг. 4. Структура на син лазерен диод с активен слой от мулти-квантови ями (MQW) GaN/Al_{0.08}Ga_{0.92}N [12]

намаляване на разходите на енергия, намаляване на глобалното затопляне, създаване на възможност за подобряване на качеството на живот на повече от 1,5 милиарда, живеещи в райони без електрическа мрежа. Очаква се 21-ви век да бъде век на светлината и оптичните технологии, така както 20-и век беше векът на електрониката.

„Българската следа“

Като очевидец и участник в тези значими изследвания, моето навлизане в тематиката на материалните системи от нитридни полупроводници при посещенията ми в Университета Линшопинг, Швеция, като гост-изследовател съвпадна с началото на безпрецедентната изследователска активност в световен мащаб след 1998 (фиг. 1). Също там започнаха и съвместните изследвания върху мулти-квантови ями GaN/Al(Ga)N и свръхрешетки GaN/AlN, израснати в Япония, Университет Мейджо, в лабораторията на Аmano и Akasaki. Работата ми по тези структури продължи и след завръщането ми в България при участие на мои дипломанти, докторанти и колеги от групата, на която съм ръководител във Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Дотогава изследвания върху този модерен и перспективен клас материали у нас не се провеждаха. Като резултат, за времето след 2003 година публикувахме 13 статии в съавторство с Нобеловите лауреати. В тези работи в структури с многократно повтарящи се квантови ями (5, 10 пъти) беше анализирана спектралната чувствителност на излъчване към интерфейлната грапавост, водеща до флуктуации на ширината на ямите и предизвикваща разширение или разцепване на луминесцентните пикове, което в един диод, изграден на тази структура, би довело до излъчване на две дължини на вълната, вместо на една [15]. Оценени бяха физичните процеси, отговорни за появата на дефекти по интерфейсите в структури GaN/AlGa_xN с многократно повтаряне на GaN слоевете, формиращи квантовата яма (с дебелини 1.5, 3 и 4.5 nm), като процеси на израстване на острови, стъпала, тераси по интерфейсите и в произволно заемане на решетъчни положения от атомите на Al в тройния разтвор AlGa_xN. Изучавахме влиянието на структурата на интерфейсите върху оптичните, фононните, електронните и

ят запис на информация със синя дължина на вълната, позволяваща много по-голяма плътност на информация в blue-ray дисковете.

В духа на завещанието на Алфред Нобел, наградата следва да се присъжда за изобретения с огромна полза за човечеството. Новите светлинни източници съвсем обосновано се очаква да доведат до драстично намаляване на разходите на енергия, намаляване на глобалното затопляне, създаване на възможност за подобряване на качеството на живот на повече от 1,5 милиарда, живеещи в райони без електрическа мрежа. Очаква се 21-ви век да бъде век на светлината и оптичните технологии, така както 20-и век беше векът на електрониката.

транспортните свойства на структурите, ефектите на квантоворазмерно ограничение и ефектите на пиезоелектрична поляризация, характерни за нитридните материали. За тези цели бяха използвани подходящи теоретични модели и експериментални методи с атомна пространствена разделителна способност [16-18].

Други съвместни статии са посветени на детайлно изучаване на излъчвателната рекомбинация в InN – ключов, по-теснозонаен полупроводник от активната област на синьо-излъчващите светодиоди и лазери, както и в модулационно легирани мулти-квантови ями от GaN. В една от тези работи [19], по идея на Борис Арнаудов, се потвърждава малката забранена зона на InN и се определя ширината ѝ, с което се слага край на дългогодишен спор [19].

Искам да отбележа, че съавтори в различни изследвания са и възпитаници на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“, които понастоящем работят в чужбина: д-р Пламен Пасков, д-р Таня Паскова, д-р Ваня Даракчиева. Преди да замине на работа в чужбина, д-р Пламен Пасков е дългогодишен сътрудник на Института по електроника на БАН. Едно проучване в базата данни SCOPUS показва, че най-много съвместни статии с Нобеловите лауреати има П. Пасков – 40, Т. Паскова – 18, Е. Вълчева – 13, В. Даракчиева – 8, Б. Арнаудов – 3. В по-скоро време Р. Якимова има 1 статия. Това ни определя като „българската следа“ в Нобеловата награда, разбира се в рамките на шегата.

Литература

1. <http://www.kva.se/en/pressroom/Press-releases-2014/the-nobel-prize-in-physics-2014/>
2. R. M. Potter, J. M. Blank, A. Addamiano, *J. Appl. Phys.*, 40, 2253 (1969).
3. J. A. Edmond, H. S. King, and C. H. Carter, *Physica B*, 185, 453 (1993).
4. M. I. Nathan, W. P. Dumke, G. Burns, F. J. Dill, G. J. Lasher, *Appl. Phys. Lett.*, 1, 62 (1962).
5. N. Holonyak, Jr., and S. F. Bevacqua, *Appl. Phys. Lett.*, 1, 82 (1962).
6. http://en.nagoya-u.ac.jp/people/distinguished_award_recipients/nagoya_university_distinguished_professor_isamu_akasaki.html
7. K. Hiramatsu, S. Itoh, H. Amano, I. Akasaki, Growth mechanism of GaN grown on sapphire with AlN buffer layer by MOVPE, *J. Cryst. Growth* 115 (1991) 628-633.
8. H. Amano, M. Kito, K. Hiramatsu, I. Akasaki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 28, L2112 (1989).
9. S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa, S. Nagahama, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 34, L797 (1995).
10. Isamu Akasaki, Renaissance and Progress in Nitride Semiconductors – My Personal History of Nitride Research, *Mat. Res. Soc. Symp. Vol. 639*, (2001)
11. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/advanced-physicsprize2014.pdf
12. Isamu Akasaki and Hiroshi Amano, Breakthroughs in Improving Crystal Quality of GaN and Invention of the p-n Junction Blue-Light-Emitting Diode, *Japanese Journal of Applied Physics* 45 (2006) 9001-9010.
13. S. Nakamura, S. Pearton, and G. Fasol, *The Blue Laser Diode: The complete story* (Springer, Berlin, 2000).

14. Hiroshi Amano, Wide Bandgap Semiconductors (Springer, 2007).
15. E. Valcheva, S. Dimitrov, H. Haratizadeh, B. Monemar, H. Amano, I. Akasaki, Influence of well-width fluctuations on the electronic structure of GaN/AlGaIn multiquantum wells with graded interfaces, *Acta Physica Polonica A*, 112, (2007) 395.
16. E. Valcheva, T. Paskova, G. Radnozi, L. Hultman, B. Monemar, H. Amano, and I. Akasaki; Growth-induced defects in AlN/GaN superlattices with different periods. *Physica B: Condensed Matter*, **340-342c**, p. 1129 (2003).
17. V. Darakchieva, E. Valcheva, P. P. Paskov, M. Schubert, T. Paskova, B. Monemar, H. Amano, and I. Akasaki, Phonon mode behavior in strained wurtzite AlN/GaN superlattices, *Phys. Rev. B* **71**, 115329 (2005).
18. E. Valcheva, K. Kirilov, B. Monemar, H. Amano, and I. Akasaki, Tunneling effects in short period strained GaN/AlN superlattices, *Phys Stat Solidi (c)* **6**, S751–S754 (2009).
19. B. Arnaudov, T. Paskova, P. P. Paskov, B. Magnusson, E. Valcheva, B. Monemar, H. Lu, W. J. Schaff, H. Amano, and I. Akasaki, Energy position of near bandedge emission spectra of InN epitaxial layers with different doping levels, *Phys. Rev. B* **69**, 115216 (2004).

ПОСЕТЕТЕ УЕБ-СТРАНИЦАТА НА
СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
НА АДРЕС:

<http://www.phys.uni-sofia.bg/upb>

ОТКРИВАТЕЛ НА КОСМИЧЕСКИТЕ ЧАСТИЦИ 100-годишнината от рождението на академик С. Н. Вернов

И. С. Веселовский

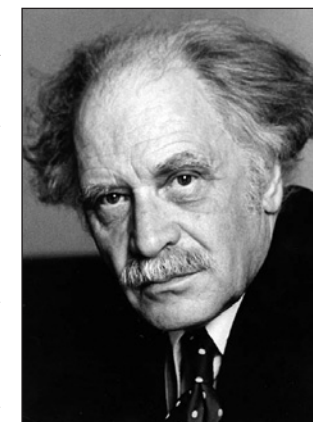
Сергей Николаевич Вернов е изтъкнат руски учен, който е в зората на историята на научните изследвания в областта на физиката на космическите лъчи и космофизиката и внесе в тях своя съществен личен принос, създавайки голяма научна школа по тези направления [1-3]. Понастоящем сведенията за физиката на космоса са дадени в редица обширни справочници, монографии и учебни курсове [4-6]. Без да претендираме за пълнота на изложението, тук ще покажем само няколко примера за илюстриране историята на откритията, постиженията и проблемите в тази област.

Междупланетното и околоземното космическо пространство не са празни, те не са вакуум, както мислеха хората преди началото на космическата ера (1957 г.). Тези пространства ни отделят от Слънцето и същевременно ни съединяват с него посредством невидими връзки. Физическите процеси в околността на Земята силно зависят от свойствата на междупланетната среда и слънчевите въздействия, които представляват преди всичко електромагнитни излъчвания и различни видове потоци заредени частици. Тези въздействия са по-съществени с отдалечаването от Земята и навлизането в космоса. Ето защо интересът към близкия космос – нашата среда на обитаване, все повече нараства.

Основните физически свойства на околоземното космическо пространство и междупланетната среда отдавна се изучават успешно с помощта на дистанционни методи при използването на различни наземни астрофизически и геофизически наблюдения. Но истинският прогрес настъпи, когато бяха създадени ракетите и изкуствените спътници изведоха космически апарати с измервателни уреди. Този „космически бум“ донесе качествено нови знания и редица неочаквани открития.

Един от основоположниците на изучаването и усвояването на космическото пространство беше Сергей Николаевич Вернов, автор на редица фундаментални изследвания на космическите лъчи и свързаните с тях проблеми на физиката на високите енергии, плазмените явления, астрофизиката и геофизиката.

С.Н. Вернов е роден на 11 юли 1910 г. в град Сестрорецк, близо до Санкт Петербург. След средното си образование и един курс механотехникум, през 1927 г. става студент във физико-механическият факултет на Ленинградския политехнически институт, като го завършва през 1931 г. Още като студент той започва да работи като лаборант



С. Н. Вернов

в Радиевия институт. От 1931 г. е аспирант, а след завършване на аспирантурата през 1934 г. е старши научен сътрудник на този институт. През 1935 г. защитава кандидатска дисертация на тема „Изучаване на космическите лъчи в стратосферата с помощта на радиосонди“. След това прави докторантура във Физическия институт „Лебедев“ (ФИАН) в Москва, където през 1939 г. защитава дисертация на тема „Широтният ефект на космическите лъчи в стратосферата и проверка на каскадната теория“. До 1943 г. работи във ФИАН, след което преминава на основна работа в Московския държавен университет (МДУ) на длъжност професор към катедрата по атомно ядро и радиоактивни излъчвания, която впоследствие се преименува на катедра по космически лъчи и физика на космоса. Той е ръководител на тази катедра от 1949 г. до последните дни на своя живот. През 1946 г., след създаването на Научно-изследователския институт по ядрена физика при МДУ (НИИЯФ МДУ), става заместник на директора акад. Д.В. Скобелцин. През 1960-1972 г. работи като директор и ръководител на отделението за ядрена физика, където има няколко катедри на физическия факултет. С.Н. Вернов е член-кореспондент на АН СССР от 1953 г., а действителен член – от 1968 г. Лауреат е на Държавна (1949) и Ленинска (1960) премии. Герой е на социалистическия труд (1980). Сергей Николаевич Вернов почива на 26 септември 1982 г. в Москва.

Ако се опитаме най-кратко да охарактеризираме резултатите на научния път на изтъкнатия учен и организатор на науката академик С. Н. Вернов, то непълният списък на неговите основни постижения може да се охарактеризира така: той пръв в света е приложил методиката на височинните автоматични изследвания на космичните лъчи с помощта на стратосферни радиосонди. Подробно е изследвал електронно-фотонната, мезонната и ядрената компоненти на космичните лъчи в стратосферата, измерил е източно-западната асиметрия на потоците първични космични лъчи и е доказал, че тя се създава главно от протоните; изследвал е механизма на зараждане на вторичните частици. Под негово ръководство през 50-те години е била създадена уникална апаратура за регистрация на частици със свръхвисоки енергии и е открита аномалия в енергетическия спектър на първичните космични лъчи при 10^{15} eV. При изстрелване на първите изкуствени спътници на Земята (ИСЗ) Вернов заедно със сътрудниците си е открил и изследвал външния радиационен пояс; детайлно е изяснил природата и динамиката на вътрешния пояс; открил е явлението изтичане на частиците на радиационните пояси над отрицателните магнитни аномалии на Земята. Покрай чисто научния си интерес тези работи имат и голямо приложно значение, тъй като оценката на радиационните условия може да бъде решаваща за техническите устройства и за полетите на космонавтите. Трудно може да оценим приноса на Вернов в развитието на космическото материалознание и радиационната безопасност в космоса. Той създаде голяма научна школа по изучаване на космичните лъчи и физиката на космоса, чиито постижения са отбелязани с три Ленински, пет Държавни премии и други награди.

Бурното развитие на нашите представи за окръжаващото ни околоземно и междупланетно пространство, което започна в средата на XX век, продължава и понастоящем. Това ще бъде разказано в предлаганата на вниманието на читателя статия. Този материал ще добави и някои лични штрихи към портрета на учения.

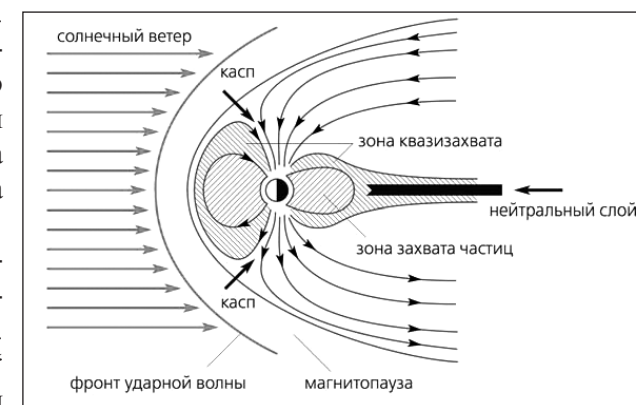
СРЕДАТА, В КОЯТО „ОБИТАВА“ ЗЕМЯТА

И. С. Веселовский

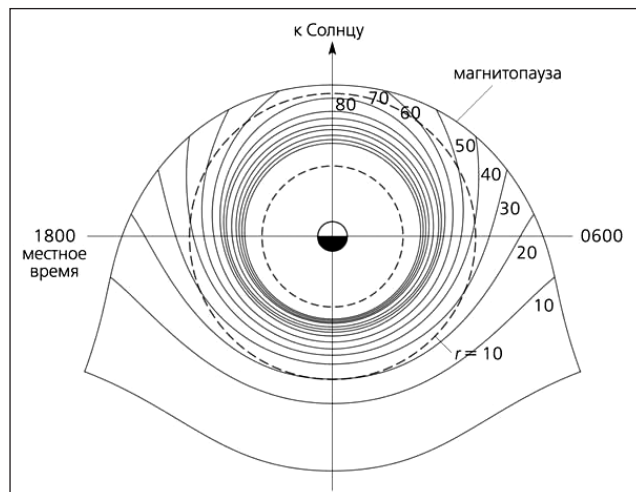
РАДИАЦИОННИ ПОЯСИ И МАГНИТОСФЕРА. Откриването на радиационните пояси при полетите на първите изкуствени спътници на Земята (1957-1958 г.) стана напълно неочаквано. Учените искаха да измерят потоците частици на космичните лъчи високо над границите на земната атмосфера, а откриха, че така наречените зони на Щормер около Земята са абсолютно запълнени от енергетични заредени частици. Теорията на Щормер, който е изследвал аналитически и числено движението на заредените частици в диполно магнитно поле още в началото на XX век, е предсказала, че по-енергетичните частици могат да бъдат заловени само около Земята, където има достатъчно силно магнитно поле. Обаче нито той, нито някой друг имаше представа за източниците на тези частици в зоната на захващане. Предполагало се е, че тези зони са празни. След началото на космическата ера (04.10.1957 г.) ситуацията се изясни, когато бяха получени многобройни данни и бяха разработени адекватни теории. През 1960 г. Вернов беше удостоен с Ленинска премия заедно с група учени за откриването и изследването на външния радиационен пояс на Земята и изучаването на магнитните полета на Земята и Луната.

Земното магнитно поле представлява истински капан за улавяне и задържане на достатъчно енергетични заредени частици в магнитосферата (фиг. 1). Един протон с енергия 100-тина мегаелектронволта (MeV) в този капан извършва ларморово въртене около магнитните силови линии с период от порядъка на 0,1 секунда. Едно колебание по дължината на силовата линия става за период от порядъка на 1 секунда, а обиколката около Земята има порядък 1 минута. Периодите на тези три ротационни движения нарастват с енергията на частицата. На всяко от тези движения съответства свой адиабатически инвариант. В резултат на тези движения повечето частици обикалят около Земята по дрейфови обвивки и пресичат плоскостта на екватора при един и същ интензитет на магнитното поле (фиг. 2).

Основен параметър, ограничаващ областта на захвата на частиците, е радиусът на Щормер. При това е важна „твърдостта“ (отношението на импулса към заряда на частиците), а не масата или енергията им. Например за



Фиг. 1. Зони на залавяне на магнитосферата на Земята



Фиг. 2. Линии с еднакво магнитно поле (показано в нТл) в магнитосферата на Земята

нея и напускат магнитосферата, пресичайки магнитопаузата и излизайки в преходната област и в слънчевия вятър (виж фиг. 2). Освен устойчиво захванатите енергетични частици на радиационните пояси, съществуват и високоширотни (полярни) неустойчиви зони на квази-захващане и частици на кръговия ток с по-ниски енергии, които проникват дълбоко в магнитосферата по време на геомагнитни бури.

Магнитният дрейф се осъществява по повърхностите с равен интензитет на магнитното поле, като положителните частици се движат на запад, а отрицателните – на изток. Това означава протичане на кръгов електрически ток около плоскостта на екватора. Този токов пръстен е практически винаги асиметричен. Максималната сила на тока се наблюдава в нощната част по време на геомагнитни бури, а след това токът намалява в продължение на няколко денонощия поради разсейването и енергетичните загуби на предизвикващите го частици. Съответстващото електрическо поле е насочено от утринния към вечерния сектор. То се генерира при движението на слънчевия вятър относно магнитосферата и разделянето на зарядите в нея. Това явление е получило наименование магнитосферна конвекция. Главни носители на електрическия екваториален кръгов ток и тока в геомагнитната опашка се оказват йоните, а не електроните, тъй като скоростта на магнитния дрейф е пропорционална на ларморовия радиус, който за йоните е хиляди пъти по-голям поради тяхната по-голяма маса.

Движението на подобни частици в значителна степен се контролира не само от магнитното, но и от електрическото поле, което обикновено е насочено от утринния към вечерния сектор поради индукционното действие на слънчевия вятър. Условно може да разделим частиците в магнитосферата по техните енергии на топлинна плазма и свръхтоплинни частици. Последните формират радиационните пояси, а кръговият ток е по-скоро гореща плазма. Съответно за едните преобладава магнитният, а за другите

протоните с енергии 100 MeV радиусът на Щьормер е равен на 3,7 радиуса на Земята. Такива частици се задържат добре в съответната им зона. Обаче за протоните с енергия 1 MeV тази дължина е 10 пъти по-голяма, т.е. 37 радиуса на Земята, което значително превишава характерния размер на магнитосферата в нейната подслънчева точка, който съставлява около 10-ина радиуса. Такива частици, както и по-ниско енергетичните йони, се задържат само частично. Те не могат да извършат пълен оборот на Земята при своя дрейф около

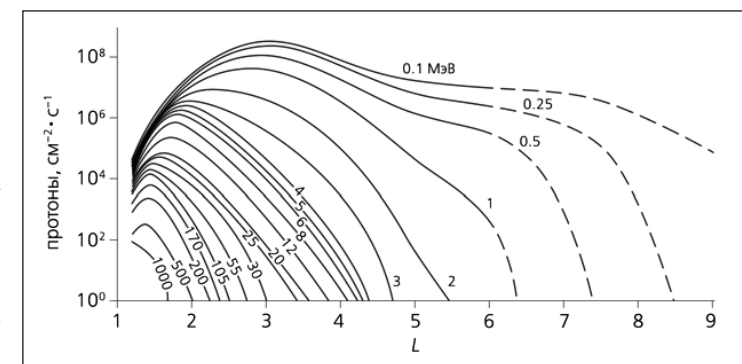
– електрическият дрейф. Взаимодействието между тези популации има разнообразен и сложен характер.

Мощността на електрическите токове и тяхната работа е пропорционална на интензитета на тока и на електрическото поле, обаче прилагането на електротехнически и радиотехнически аналогии в космоса трябва да става само с известна предпазливост, защото електрическите вериги тук имат неособено определен характер. Не винаги може да се каже къде се намира генераторът, къде е натоварването и т.н. Но в случая на земната магнитосфера може да става дума за дисипирана мощност от порядъка на теравати – основно за нагряване на високата атмосфера. Рекурентната мощност, т.е. върнатата заедно с потока плазма обратно в слънчевия вятър, е десетки пъти по-голяма. Аврорарното километрово излъчване с мощност от порядъка на 100 кВт представлява само неголям страничен продукт на тази динамика и се възбужда от движението на електроните. Тези оценки имат само ориентировъчен характер и силно варират в зависимост от състоянието на междупланетната среда.

Оказва се, че Земята е обкръжена от два пояса с радиации – вътрешен и външен. Във вътрешния преобладават протони, алфа частици и други йони, а във външния, който е много по-променлив, преобладават електроните. Между двата пояса съществува празнина или „луфт“, причината за чието образуване не е толкова проста, защото веднага след откриване на естествените пояси в началото на 1960 г. в САЩ и СССР бяха извършени височинни ядрени взривове, които силно смутиха естествената картина на радиацията в околоземното космическо пространство. Появиха се нови изкуствени радиационни пояси, които с течение на времето се разсеяха и изчезнаха. Времето на живот на радиационните пояси варира в широки граници и зависи от много обстоятелства. Вътрешният пояс е много по-стабилен. За щастие, още през 1963 г. великите сили наложиха международен мораториум на тези ядрени експерименти.

Потокът протони с енергии повече от 20 MeV с максимум на разстояние 1,5 радиуса на Земята съставлява няколко десетки хиляди частици в секунда на квадратен сантиметър (фиг. 3). А потокът електрони с енергии над 40 keV достига в максимума милиони в същите единици (т.е. почти два порядъка повече). Профилите на протонните радиационни пояси удовлетворително се обясняват от дифузията на внезапни магнитни импулси.

Строежът и динами-



Фиг. 3. Радиален профил на протонния пояс. Параметърът L е разстоянието до магнитната обвивка в екваториалната равнина, изразено в радиуси на Земята от нейния център

ката на радиационните пояси са изследвани детайлно не само за Земята, но и за другите планети в Слънчевата система, притежаващи достатъчно силни собствени магнитни полета. Най-мощни радиационни пояси има Юпитер, който се оказва важен източник на ускорени електрони в хелиосферата. Потоците електрони от този източник при подходящи условия в междупланетното пространство достигат даже орбитата на Земята и ясно се наблюдават по периодичността, съвпадаща с периода на въртене на Юпитер.

Естествените радиационни пояси се образуват както поради залавянето на продуктите на ядрените реакции в атмосферата на Земята, предизвикани от космичните лъчи и неутроните, така и поради проникването на слънчеви космични лъчи и на ускорени частици от междупланетното пространство, магнитосферата и йоносферата. Тези процеси са доста сложни и разнообразни. В различните участъци на енергетическия спектър доминират различни по състав йони, откъдето може да се установи произходът на частиците. По-високите йонизационни температури са характерни за източници от слънчевия вятър и основните популации на космическите лъчи. Йоните с по-ниска степен на йонизация изглеждат имат по-скоро земен, йоносферен произход или са свързани с проникването на аномални космически лъчи. Последните се наричат аномални, понеже имат енергии, разположени между енергийните диапазони на галактическите и слънчеви космически лъчи в хелиосферата. Аномалните космически лъчи се отличават от слънчевите и галактическите частици и се създават от неутралния междувъздушен газ, проникнал в междупланетното пространство. Механизмът на тяхната генерация и ускорение е сложен и не напълно установен. Но във всички случаи те не се ускоряват на Слънцето (както слънчевите космически лъчи) или в галактиката (както галактическите космически лъчи).

ПРОДЪЛЖЕНИЕТО СЛЕДВА...

Изследването на радиационните пояси и радиационната обстановка в Космоса, започнати от Вернов и неговите сътрудници, успешно продължават в неговата школа. Понастоящем достатъчно пълно са изучени механизмите на ускорение, захващане, пренос и загуби на частиците в радиационните пояси. Един все още неясен въпрос е този за „електроните-убийци“. Така се наричат релативистичните електрони с енергии около 1 MeV, които понякога се появяват в магнитосферата на Земята и могат да бъдат причина за отказ в работата на електрониката на космическата техника на различните спътници. Все още не е ясно къде и как се ускоряват тези електрони, но няма съмнение че тези „убийци“ внимателно следят за капризите на „космическото време и климат“ и представляват тяхна част. Те най-често се появяват в магнитосферата няколко дена след резките увеличения на скоростта на слънчевия вятър.

Една от правдоподобните хипотези предполага, че ускорението на електроните става локално в магнитосферата под действието на резонансните електромагнитни колебания. Понастоящем се разработва голям руски космически проект с международно участие, който се нарича „Резонанс“. Като негова задача влиза подробното изследване на взаимодействието на вълните с частиците във вътрешната магнитосфера на Земята.

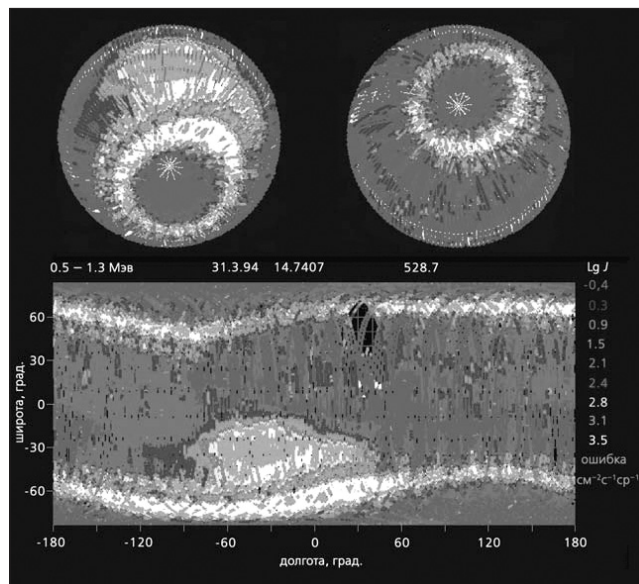
За тази цел ще се използват координирани измервания на изкуствени спътници на Земята и наземни измервания. Спътниците в този проект ще се намират достатъчно дълго на една и съща силова линия. Подобни идеи, но в по-малък мащаб, вече са реализирани по-рано в наземните и космически изследвания в магнитно-спрегнатите точки на магнитното поле.

Тук може да напомним за руско-френския проект под наименованието „Аракас“. В този изящен космически експеримент, осъществен с усилията на няколко руски и френски институти, ускорените електрони изкуствено са инжектирани по силовата линия на полето в магнитосферата от борда на ракета, изстреляна в Архангелска област (Русия), а предизвиканото от тях изкуствено полярно сияние се е регистрирало над магнитно-спрегнатата точка в Южното полукълбо на Земята, в района на остров Кергелен (Франция) в Тихия океан. Този експеримент беше успешен, но той доста озадачи неговите автори със своите резултати, които не бяха предвидени от теоретичните. Явлението получи наименование „плазмено-снопов разряд“ в атмосферата: пространството около ракетата с работещия инжектор е било силно наелектризирано и ярко е светело. С подобни непредвидими резултати космическите физици нерядко се сблъскват поради непълнотата на нашите априорни знания.

Подобна беше и ситуацията със слънчевия вятър и с авроралния овал. Овалът, или „венецът“, на полярните сияния е бил детайлно изучен по време на Международната геофизична година, съвпадаща с времето на изстрелване на първия изкуствен спътник на Земята в 1957 г. Тогава към полярните и космически изследвания се насочиха много учени и колективи, в това число и института НИИЯФ, ръководен от акад. Вернов. Нашите съотечественици внесоха своя решителен принос в тези изследвания.

Едно интересно откритие, в което Вернов изигра водеща роля, е явлението на изтичане на частиците от радиационните пояси в атмосферата на Земята в района на Южно-Атлантическата магнитна аномалия. Напрегнатостта на магнитното поле тук е понижена. Ето защо захванатите от това поле радиационни пояси като че ли „провисват“ близо към Земята до разстояния 200-300 км и даже по-ниско, „докосват“ там по-плътните слоеве на атмосфера и губят в нея своите частици поради стълкновения с атомите и молекулите на въздуха. Над другите области на земната повърхност радиационните пояси се разполагат поне няколко пъти по-високо и „се чувстват много по-уверено“. Тези сведения напоследък бяха съществено уточнени от данните, получени на ИСЗ „Коронас“ (фиг. 4). Изтичането на частиците от радиационните пояси може да бъде усилено под действието на свръхнискокочестотните радиопредаватели, водещо до резонансно циклотронно разсейване на заредените частици при тяхното движение в естественото електрическо и магнитно поле на Земята.

В началото бяха предложени различни хипотези, които впоследствие не се потвърдиха: че силните полярни сияния се предизвикват от „изсипването“ на захванатите частици от радиационните пояси или от непосредственото проникване на енергетични заредени частици от Слънцето. Оказа се обаче, че това не е точно така. Електроните, предизвикващи най-ярките дъги на полярните сияния, изпитват забеле-



Фиг. 4. Областите на изсипване на частиците от радиационните пояси по наблюдения на ИСЗ „Коронас-И“. Показани са интегралните потоци на електроните с енергии 0,5-1,3 MeV, наблюдавани от март до юни 1994 г., в цветен логаритмичен мащаб: в полярни координати (горе) и в географски координати (долу)

на силовите линии на магнитното поле се оказаха твърде далеч от действителността. Сега за тях почти не си спомнят. Затова пък твърде много внимание се отделя на истинската картина на вълновите движения и дребномащабните образувания в авроралната зона. Това е само един от тези случаи, когато „голямо явление“ не може да бъде обяснено без разбирането на ролята на неговите „малки детайли“. Директните и обратните енергетически каскади в космическата плазма често съжителстват и във времето, и в пространството.

Плазмените процеси в магнитосферата и зад нейните граници са отделна голяма тема. Въпреки че интересите на Вернов несъмнено са фокусирани върху космическите лъчи и енергичните частици, той ясно е разбирал необходимостта от всеотдайното изучаване на плазмените и електромагнитни явления в близкия космос за правилното разбиране на физиката на протичащите процеси. Вернов активно е поддържал тези изследвания в НИИЯФ МДУ и в други организации. В резултат на това бяха създадени тесни контакти и плодотворно сътрудничество, което още продължава. Добър пример за това са неотдавна проведените комплексни изследвания на екстремално мощните смущения на Слънцето, в хелиосферата, магнитосферата и йоносферата, заедно с техните наземни прояви, които се развиха в 23-ия цикъл на слънчевата активност,

жително допълнително ускорение под действието на външните електромагнитни смущения непосредствено в самата магнитосфера – в областите, свързани с авроралния овал (фиг. 5). Важна роля тук играят също надлъжните електрически токове и полета, а също и вълните. На насоченото надолу движение на електроните в ивицата с ширина около 1000 км съответства насочено нагоре движение на йоните.

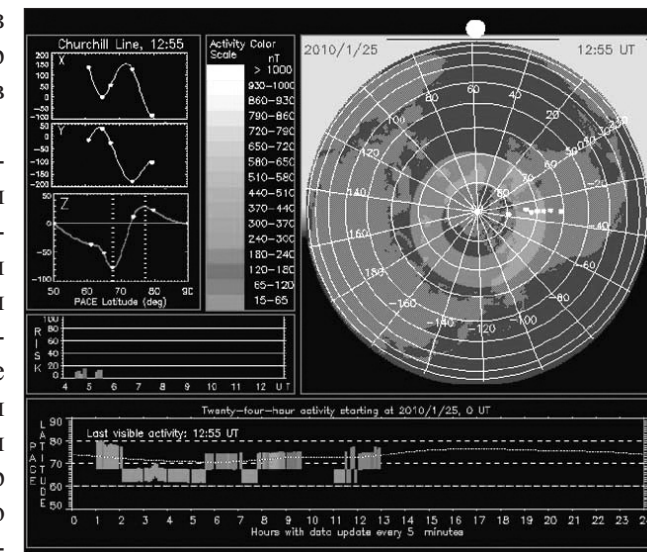
Динамиката на авроралните процеси е толкова многообразна, че може да се каже, че тези изследвания далеч не са завършени. Електрическите полета, свързани с разделянето на електрическите заряди, и тук играят много важна роля, а първоначалните примитивни теоретични представи за екипотенциалността

който завърши наскоро през 2009 г. Приоритетният характер на тези изследвания е признат в целия свят.

Голям интерес представляват провежданите понастоящем планетарни изследвания, съчетаващи в себе си детайлни и разномасштабни многоточкови наблюдения в космоса и на Земята, а също така и получените интегрални картини и разрези с методите на радиографията и томографията. Така например руският проект „Рой“ удачно допълва предложението на европейските и японски учени да създадат група от десетина спътника, разположени във върховете на тетраедри с променливи дължини на ребрата от десетки до хиляди километри. Това ще позволи за пръв път подробно и едновременно да се изследват физическите процеси, протичащи в различни ключови области на магнитосферата на макроскопически и микроскопически мащаби – от глобалната картина до детайли с размер от порядъка на йонните и електронни жирорадиуси. От това, което става на всички тези мащаби, зависи нашето правилно разбиране на физическите процеси в космоса [7].

КОСМИЧЕСКАТА САМООРГАНИЗАЦИЯ

Една от централните задачи на космофизиката е да изучи геометрическите характеристики на обектите в обобщен смисъл на думата, имайки предвид съподчинението между големите, средните и малки мащаби на наблюдаваните динамически явления в пространството и времето. Накратко това се нарича самоорганизация или многомерна геометризация. Тази идея пронизва цялото съвременно естествознание във всичките му области, където необходимите и достатъчни за количествено описване физически закони са надеждно установени в техния общ вид. Съотношението между комбинациите



Фиг. 5. Авроралният овал. Тук енергетичните заредени частици се изсипват във високата атмосфера, предизвиквайки слаби светения или ярки полярни сияния. Тези динамически магнито-спрегнати образувания в Северното и Южното полукълбо на Земята се подчиняват на известни закони, правила и на капризите на Слънцето. Тук е показана ситуацията на 25 януари 2009 г. по наземни геомагнитни наблюдения в Канадския регион. Активността е много ниска. Понастоящем такива данни и снимки на авроралното светене постъпват редовно. Те позволяват на учените и на всички желаещи да наблюдават „Космическото време“ в реално време по Интернет

на влизашите безразмерни параметри е толкова многообразно и малко изучено, че все още остава много широк простор за изследвания в рамките на установените по-рано фундаментални закономерности.

По-внимателният теоретически анализ в последно време позволи да се дадат редица такива безразмерни параметри, които по-рано не са се обсъждали подробно в космофизическата литература. Такова е например числото на Фарадей. Тази величина характеризира отношението между индукционните (вихрови) и потенциалните (кулоновите) електрически полета. Потенциалните електрически полета по същество са все още terra incognita в съвременната космофизика и физиката на Слънцето. Надеждата на някои изследователи, предполагащи че без познаването на потенциалните електрически полета може достатъчно дълбоко да се разберат основните физически явления на Слънцето, в хелиосферата и магнитосферата, не се оправдаха. Важната поука се състои в това, че разделянето на електрическите заряди и генерацията на кулоновите полета в космическата плазма съвсем не е второстепенен процес при слънчевите избухвания, короналните изхвърляния на маса и магнитните бури на Земята. Това явление (електризация) изисква по-голямо внимание, заедно с другите процеси (като например индукцията), на които се е отделяло достатъчно много внимание във физиката на космоса. Опитът при изследване на лабораторната плазма и свързаните проблеми с нейното „магнитно захващане“ и управляемия термоядрен синтез също убедително показаха колко опасно може да бъде предварителното пренебрегване на кулоновите електрически полета. Тази „степен на свобода“ тук играе своята коварна роля, която по-рано беше недооценявана от теоретичите и експериментаторите.

Друга важна безразмерна характеристика на космофизическите процеси е наборът от така наречените триестки числа. Названието им е от мястото, където за пръв път те бяха предложени – в Международния център по теоретична физика в Триест. Те характеризират отношението един към друг на потоците енергия, импулс и маса вътре и вън от разглеждания обект или обем, т.е. неговата степен на „откритост“ по отношение на обкръжаващата среда. В зависимост от тази величина може да се говори за открити и закрити системи. Оказва се, че в повечето случаи в космофизиката ние имаме работа с открити системи. Това означава, че правилното задаване на граничните условия и правилната постановка на задачата често напълно предопределят еднозначния отговор.

Отсъствието на еднозначни решения в класическата физика произтича от недостатъчно пълното знание за свойствата на разглеждания предмет и различните му идеализации като изолирана и затворена система. Уточнението на безразмерните съотношения е винаги полезно. Опитът от изследването на магнитосферната и космическа плазма подсказва пътищата за търсенето на оптималните параметри, конфигурации и конструкции за управляемия термоядрен синтез, въпреки че безразмерните параметри тук са свършено други.

Връщайки се към радиационните пояси, ще подчертаем, че тези образувания, заедно с цялата магнитосфера, внимателно следят за „диханието“ на слънчевия вятър, за измененията на междупланетното магнитно поле и енергичните частици в

хелиосферата. Те също са подложени на всички изменения на „космическото време“ и „космическия климат“, т.е. зависят от процесите на Слънцето. Слънчево-земната физика току-що започва да се развива и да набира сили за правилното описване и възможното предсказване на всички тези сложни взаимовръзки. Да се спрем на няколко съществени щрихи на изследваната картина.

ПРОМЕНЯЩИТЕ СЕ ГРАНИЦИ

Границата между магнитосферата и йоносферата има чисто условен характер. Между тези съседни области се осъществява постоянен обмен на частици, енергия и импулс. Може да се опита да приемем тази граница там, където магнитното налягане се изравнява с газовото налягане. Обаче при едно такова определение плазменият слой на геомагнитната опашка би трябвало да го считаме за част от йоносферата, въпреки че по своя йонен състав той има смесена природа и все пак е по-близо не към йоносферните източници, а към преходната област и слънчевия вятър. Тези области са толкова динамични и изменящи се, че това е някаква силно усреднена слоиста картина.

Много по-голям интерес представлява мигновеното състояние на тези области и тяхната еволюция. Предишните теории изхождаха преди всичко от хипотезата за някакво ламинарно равновесно състояние и разглеждаха различни видове неустойчивости. Напоследък обаче все повече се налага турбулентният подход, въпреки че в достатъчно спокойни условия ламинарните представяния могат да запазят своя характер.

Като непосредствено продължение на високите слоеве на йоносферата към магнитосферата на средни ширини се явява плазмосферата. Концентрацията на нейната плазма намалява от десетки хиляди частици в 1 cm^3 до стотина на разстояние няколко радиуса на Земята. Резкият спад на концентрацията повече от порядък на тези разстояния получи наименованието плазмопауза. Тази граница е също така твърде динамична и понастоящем интензивно се изучава. Тя беше открита практически едновременно с наземни и космически средства. В първия случай се изследваха особеностите на разпространението на електромагнитните колебания от мълниевите разряди в диапазона на свистовите. Във втория случай непосредствено се измерваше концентрацията на плазмата с йонни уловители, монтирани на спътници на Земята. Физическият смисъл на тази граница се състои в това, че под нея плазмата се върти заедно със Земята като единно цяло, а над нея съвместното въртене става невъзможно. Плазмата не се удържа около Земята и я напуска.

Любопитно е, че тоталното съдържание на заредените частици в плазмосферата е сравнимо с числото частици в йоносферата. По същество това е едно цяло. През деня плазмосферата се попълва с частици от йоносферата, а през нощта сама служи за източник на частици и за термично нагряване, поддържайки съществуването на средноширотната йоносфера, която в противен случай би могла бързо да рекомбинира и да изчезне до сутринта, докато Слънцето отново не се появи над хоризонта. Нали именно слънчевото ултравиолетово и рентгеново излъчване са основните източници за йонизацията в йоносферата? Изсипването на енергични частици също играе много

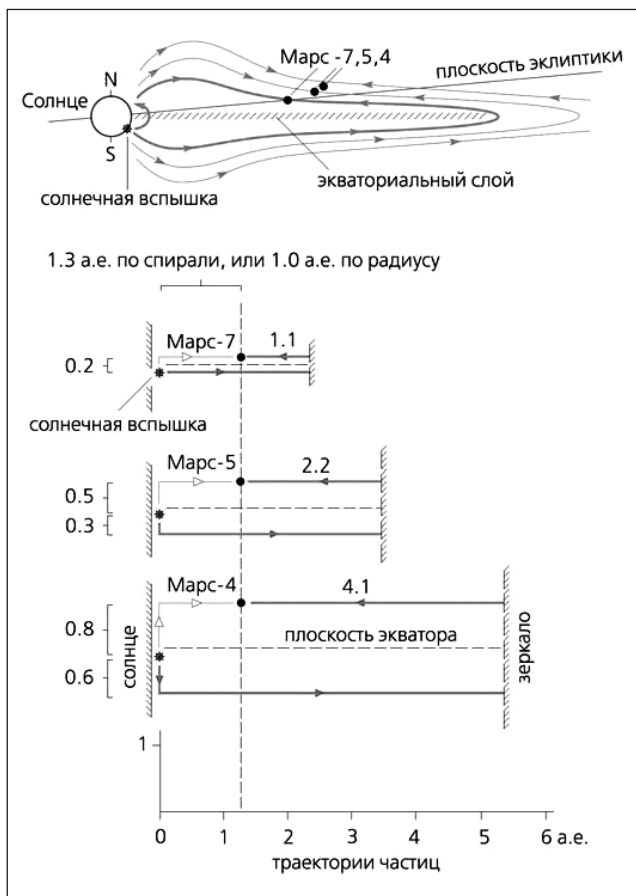
важна роля в авроралните области на йоносферата. Тук протичат мощни електрически токове, които съединяват йоносферата с магнитосферата. Динамиката на високоширотната и полярната йоносфери е твърде сложна.

Тук е открито явлението изтичане на нагрятата плазма от йоносферата в магнитосферата, което се нарича полярна вятър. Какъв е балансът между полярния вятър и слънчевия вятър е един интересен въпрос, от чието решение може да зависи нашето разбиране за създаването на най-външната газова обвивка на Земята. От друга страна, обменът между атмосферата и постолащата повърхност е много по-мощен и толкова сложен, че понастоящем в тази област има съвършено недостатъчна количествена информация.

Ние твърде малко знаем за силно смутените състояния на йоносферата и магнитосферата. Много интересни въпроси са свързани също с възможността за естествено и изкуствено въздействие върху тях отдолу. Такива явления като изригване на

вулкани, тайфуни, земетресения и мълнии, а също така антропогенното въздействие, дават своите ефекти, които все още не са напълно изследвани. Но смущенията в йоносферата и магнитосферата идват не само от страна на Земята.

Космическите лъчи, които бомбардират околоземното космическо пространство отгоре, представляват интерес не толкова сами по себе си, но и като средство за изучаване на другите обекти като междупланетната среда, слънчевата активност и др. На няколко космически апарати от сериите „Венера“ (1967) и „Марс“ (1973), когато те летяха към тези планети, в междупланетното пространство след слънчеви избухвания многократно са наблюдавани потоци протони с енергии няколко мегаелектронволта. Интересен и ненапълно разбран факт тогава бе, че широкогълният прибор, „гледащ“ главно към страната



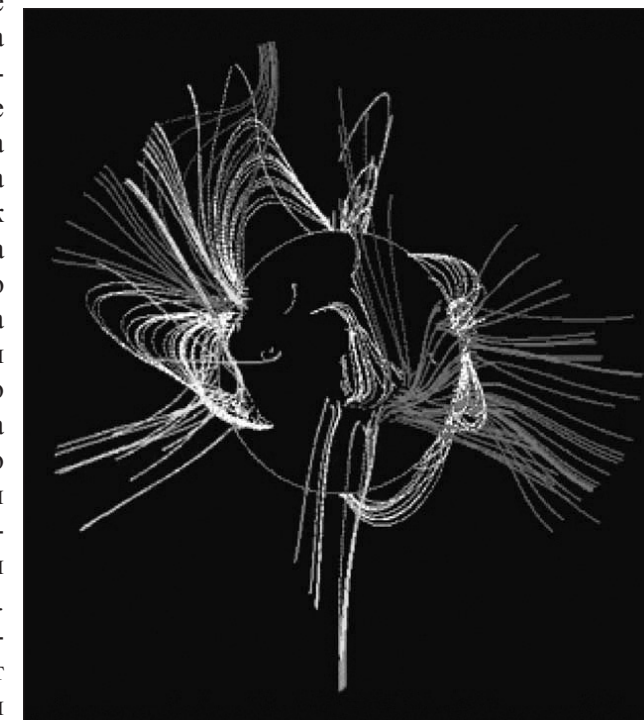
Фиг. 6. Магнитни примки в хелиосферата (схемата е от работата [9])

на Слънцето, понякога „виждаше“ по-малко частици, отколкото прибора, насочен в обратната страна. Досега няма еднозначно обяснение на този факт. Авторите на оригиналните наблюдения [8,9] предложиха няколко правдоподобни хипотези и модели, които все още се обсъждат.

Принципиално важната и достатъчно смела крачка в това направление е допускането на съществуване на дискретни примкообразни магнитни структури в междупланетната среда на разстояния, простиращи се понякога от Слънцето далече зад орбитата на Марс (фиг. 6).

До този момент доминираше крайно опростеният спирален модел на междупланетното магнитно поле, в който всички силови линии, започващи на Слънцето, се простират във вид на Архимедови спирали и завършват „в безкрайността“. Понастоящем ние по-добре разбираме цялата ограниченост и приближеност на тези представи за междупланетното магнитно поле. Немалка роля за изясняването на тази ситуация изиграха теоретическите разработки и споменатите експериментални изследвания. За

„езици“ и „примки“ се говореше и по-рано, още в 50-те години, а след това като че ли те бяха забравени. Понастоящем ние по-добре познаваме сложната и динамична картина на магнитните полета на Слънцето и в хелиосферата. Тук има място и за откритите, и за затворените линии (фиг. 7). Ясно е, че съвсем не е задължително да се предполага плоска геометрия на примките и контурите (както на фиг. 6). Общата структура на полето на Слънцето и около него постоянно претърпява изменения – както бавни (за десетки и повече години), така и много по-бързи (денонощия, часове и минути). Тези вариации обхващат и двата типа линии и понякога имат взривен характер. Няма никакви съмнения, че природата на избухванията на Слънцето е тясно свързана с протичане на електрически токове. По същество това е още една разновидност на електрическите разряди, които



Фиг. 7. Линиите на магнитното поле: затворените примки, а също откритите и насочени от Слънцето или към Слънцето. Изчисленията се извършени посредством модела с повърхностен източник на слънчевия вятър с използване на фотосферни данни, получени на 13.12.2002 г.

и без това се наблюдават в голямо множество както в природата, така и в техниката. Всички тези случаи трябва още много да се изследват и изучават.

Основните затруднения се състоят в недостатъчните сведения за много важната физическа величина – електрическото поле. То съществува, но измерването му в космоса е много по-сложно, отколкото в лабораторията. Да се изясни ролята на електрическото поле е една от най-трудните задачи във физиката на слънчевата атмосфера и хелиосфера. Пренебрегването на неговата роля вече се счита за анахронизъм.

Понастоящем съществуват достатъчно разработени теоретически представи за хелиосферата като за област от пространството с размер повече от 100 а.е. около Слънцето, имаща форма на удължено плазмено-магнитно образувание, подобно на комета. Съвместното действие на слънчевия и междוזвездния вятър несъмнено водят към подобно удължаване, но количествено определяне чрез моделни изчисления е трудно. Надеждността на подобни изчисления е затруднена от големите неопределености в използваните параметри, такива като галактическото поле. Поради тази причина напълно неочаквани за теоретичите и експериментаторите се оказаха първите резултати на космическата мисия IBEX (Interstellar Boundary Explorer „Изследовател на междוזвездната граница“), които значително се различаваха от многогодишните наблюдения на другия космически апарат Cassini.

Става дума за значително уплътняване на неутралния газ около хелиосферата, около нейния магнитен екватор, който се оказва забележимо изкривен. Тези резултати бяха публикувани през октомври 2009 година и предизвикаха суматоха сред специалистите. Никой от тях по-рано не е очаквал „да види“ поредния пояс, по-точно „лента“ от частици в космоса. Еднозначната интерпретация на тези наблюдения понастоящем е невъзможна поради незнанието на точните значения на интересуващите ни физически параметри и геометрията на разглежданите обекти [10]. Както вече беше споменато, правилната геометризация, изборът на размерности и моделът за адекватно описание са една от централните и най-трудни задачи в космофизиката. Но да се върнем по-близо към Земята.

РАЗУЗНАВАЧИ НА ПОЛЕТАТА

В атмосферата на Земята има електрически разряди, които са известни на всички – това са мълните по време на гръмотевични бури. Всъщност съществуват още множество други форми на разряди, а също нерешени и наистина загадъчни въпроси, отнасящи се към физиката на това красиво и доста опасно явление. Достатъчно е да споменем кълбовидната мълния. Неотдавна бяха открити не по-малко удивителните електрически разряди във високата атмосфера, разпространяващи се не както обикновените мълнии – надолу към повърхността на Земята или между облаците, – а нагоре от гръмотевичните облаци към йоносферата, т.е. всъщност към близкия космос. Новите открития често се раждат като неочакван страничен резултат на други замислени изследвания. Например доста отдавна бяха дадени идеи за регистрацията на космическите лъчи със свръхвисоки енергии по електромагнитното излъчване на

предизвиканите от тях широки атмосферни порои. Беше предложено това явление да се наблюдава от спътници на Земята за увеличение площта на наблюдение и броя на регистрираните събития, които са крайно редки и при обикновените методи могат да се фиксират веднъж в няколко години или даже по-рядко. Прототипите на тези експерименти вече са извършени и се обработват резултатите. При това се е изяснило следното: както е известно, по време на гръмотевични бури и височинни електрически разряди се излъчват не само светкавици, но и електромагнитни вълни в широк диапазон от радио- до рентгеновата и даже гама-области. Другите форми на атмосферните електрически разряди, като например постоянното светене на нощното небе и полярните сияния, също могат да пречат на предлаганата регистрация на частиците на космическите лъчи от спътниците. Искаше ни се да се избавим от тези смущения, но затова трябва добре да се знаят техните свойства. Ние се заехме с тяхното изучаване. Именно такава беше историята и логиката на тези изследвания в НИИЯФ МДУ, докато на ИСЗ „Татяна“ не бяха открити много кратки избухвания на ултравиолетовото излъчване [11].

Това явление се оказва толкова интересно, че следващият ИСЗ „Татяна“-2, изстрелян през 2009 г., беше снабден с по-съвършена апаратура, специално разработена за изучаване и определяне на местата, където се пораждаше това излъчване. Понастоящем това е едно от новите научни направления, в които участват учени от руски и чуждестранни организации.

От друга страна, някои учени изказват съображения относно възможната връзка за възникване на атмосферни електрически разряди от космическите лъчи. Генерацията на енергични частици при тези разряди е несъмнена. Най-ентузиасираните от тази идея се надяват да намерят тук търсения ключ към слънчево-земните и космически връзки и даже с времето и климата, въпреки че в това не лесно да се докаже. Тук решаваща роля могат да изиграят малките спътници.

Изобщо малките и учебни спътници не са много скъпи, но са твърде плодотворна идея, която привлича към себе си вниманието на специалистите и студентите. Първите успехи (а също и несполуки) са вече налице – както в нашата страна, така и в чужбина. В качеството на чуждестранен пример може да се спомене случаят, когато млад човек в САЩ е предложил да разхвърля в магнитосферата множество (десетки) малки спътници с размери малко по-големи от орех, за едновременно измерване на магнитното поле. Той беше награден с премия от президента на САЩ, въпреки че този проект тогава беше още недостатъчно узрял. Така поддръжката обнадеждава – сега този млад човек е вече известен специалист. Много е важно да се поддържат мечтите. Това движение сега набира скорост също и в Русия, благодарение на усилията на ентузиастите (достатъчно е пак да споменем същата серия ИСЗ „Татяна“). Тук има много идеи. Да им пожелаем успех и много късмет. Задължителното изискване на съвременната наука е съчетаването в проектите на фундаменталните и образователните задачи. Целият свят тръгва по този път на развитие, влагайки достъпни средства в образованието. В крайна сметка успехът зависи от хората, от техните способности, от техните възмож-

ности за реализация. Именно това успя да осъществи академик Вернов в живота си и то в най-висока степен.

* * *

В тази кратка статия не бяха засегнати много аспекти. Не беше казано нищо за космическия прах, за взаимодействието на космическите апарати с обкръжаващата среда и за изучаването на свойствата на различните материали в космическата среда. Тук академик Вернов направи редица съществени открития.

Много нови и интересни неща има особено във връзка с работата на Международната космическа станция, на пилотируемите полети и космонавтиката на далечните полети. Компютърното моделиране стана удобно средство за теоретичните изследвания, за интерпретацията на данните и за разработване на нови експерименти. Аналогична роля играе и лабораторното моделиране. Разработват се радио- и рентгенографски методи и получаване на изображения на междупланетните магнитосферни и йоносферни нееднородности въз основа на преминаващите през тях радиовълни. Всичко това е много важно за получаване на правилните геометрични образи и за уточняване на физическите параметри в общата картина.

Изследването на междупланетното и околоземното космическо пространство обогати фундаменталната наука с множество открития и нови явления. Картините на магнитосферата и радиационните пояси бяха пренесени с успех в астрофизиката и сега широко се използват (със съответните модификации) за описване на такива далечни обекти като пулсарите. Понятието за атмосферите на другите звезди възникна и се развива благодарение на аналогията с хелиосферата. Динамиката на плазмата в токовите слоеве на границата на магнитосферата, в нейната опашка, в главната ударна вълна, на разливите и разпространяващите се междупланетни ударни вълни дава мощен стимул за развиване на общата теория на сложните самоорганизиращи се системи. Списъкът на такива примери може лесно да се продължи. Слънчево-земната и космическа физика бяха и остават люлки за много нови физически идеи и открития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Академик С.Н.Вернов – ученый Московского университета: Сб. статей / Под ред. Ю.И.Логачева, М.И.Панасюка и Е.А.Романовского. М., 2004.
2. Панасюк М.И. Рынок в космос // Сергей Николаевич Вернов – ученый, педагог и популяризатор науки (к 90-летию со дня рождения, 1910-2000) / Под ред. Ю.И.Логачева, М.И.Панасюка и Е.А.Романовского, М., 2000.
3. Воспоминания об академиках Д.В.Скобелев и С.Н.Вернове / Под ред. М.И.Панасюка и Е.А.Романовского. М., 1995.
4. Шабанский В.П., Веселовский И.С., Кропоткин А.П. Физика межпланетного и околоземного пространства. М., 1981.
5. Модель космоса: Научно-информационное издание: В 2 т. / Под ред. М.И.Панасюка и Л.С.Новикова. Т.1: Физические условия в космическом пространстве, М., 2007.

6. Плазменная гелиогеофизика. Т.1 / Под ред. Л.М.Зеленого и И.С.Веселовского. М., 2008.
7. Зеленый Л.М., Захаров А.В., Ксанфомалити Л.В. // УФН. 2009. Т.179. №10. С.1118-1140.
8. Вернов С.Н., Тверской Б.А., Вакулов П.В. и др. // Геомагнетизм и аэрономия. 1976. Т.16. №4. С.577—586.
9. Любимов Г.П., Контор Н.Н., Переслегина Н.В., Игнатъев П.П. // Изв. АН СССР. Сер. Физ. 1976. Т.40. №3. С.462-470.
10. McComas D.J., Allegrini F., Bochsler P. et al. // Science. 2009. V.326. №5951. P.959. 11. Гарипов Г.К., Панасюк М.И., Тулупов В.И. и др. // Письма в ЖЭТФ. 2005. Т.82. №4. С.204-206.

Превод от руски: **Петър Велинов**
Природа, 2010, №6

НА ВНИМАНИЕТО НА БЪДЕЩИТЕ ВЕЛИКОДУШНИ И ЩЕДРИ СПОМОЩЕСТВОВАТЕЛИ НА СП. СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
BG82CREX92601013508300
BIC: CREXBGSF
ТОКУДА БАНК АД

УЧЕНИЯТ, НАПРАВИЛ ПОСЛЕДНАТА КРАЧКА ПРЕД ВРАТАТА НА КВАНТОВАТА ФИЗИКА 150 години от рождението на Вилхелм Вин

Никола Балабанов

Години на обучение и творчески път

Вилхелм Вин (пълното му име е Вилхелм Вернер Ото Фриц Франц, а биографите използват съкратеното му собствено име – Вили) е роден през 1864 г. в Гафкен, Източна Прусия. Неговият баща, както и повечето от дедите му, са били едри земевладелци. Въпреки че семейните традиции изисквали и той да се посвети на фермерска дейност, породените в училище увлечения го насочили към физическите науки. Напразни били усилията на родителите да го убедят, че наследените дворянски имена му обещават много по-стабилно бъдеще в сравнение с несигурното положение на човек, посветил се на науката.

В. Вин усвоил основите на физиката и математиката по време на обучението си в университетите в Гьотинген, Берлин и Хайделберг (в типичното за тогавашното немско студентство сменяне на университетите). За негов учител и пръв научен ръководител се смята известният физик, математик и физиолог Херман фон Хелмхолц (1821–1894 г.). Портретът и авторитетът на този учен ярко са описани от Барбара Клайн в книга, посветена на създаването на квантовата физика [1]:

„В Германия, където всички професори се ползвали с огромно уважение, Фон Хелмхолц бил най-великият сред великите. Говорело се, че след Бисмарк и стария кайзер, Фон Хелмхолц е най-знаменитата личност в цялата германска империя. Той бил възнаграден с предизвикващата благоговение титла „Екселенц“, при произнасянето на която колегите му винаги ниско се покланяли. Фон Хелмхолц с неговата прекомерно голяма глава, рошави вежди и дълбока бръчка между тях и издута на челото вена, бил толкова величав, внушавал такъв трепет у всички околни, че един от неговите студенти го сравнил с Вотан.“ (бог на ветровете и бурите в германската митология – б.а.)

(Ако трябва да потърсим аналог на такъв „бог“ в българската физика, бих посочил само академиците Г. Наджаков и Н. Бонев – истински велможи сред останалите.)

През 1886 г. В. Вин защитава докторат върху дифракция на светлината, след което прави изумителна крачка встрани от академичната линия – следващите четири години прекарва във фермата на родителите си в Драхенщайн. Едва ли в историята на науката има друг подобен пример за „пост-докторски стаж“. В действителност, през тези години младият доктор не се занимавал със земеделска работа, а самостоятелно и усърдно усъвършенствал знанията си по теоретична физика.

Вероятно младежът не е пропилял времето, прекарано във фермата, за което говори фактът, че „екселенцът“ го взел на работа при себе си в новосъздадения Държавен физико-технически институт в Берлин (1890 г.)

От историческа гледна точка е интересен начинът за създаването на този институт (без надежда за подобни примери у нас). Макар и държавен, той бил създаден от богати собственици на предприятия в тежката промишленост като изследователски център. Ясно разбирайки важността на науката за развитието на производителните сили, основателите на Института финансирали изследвания, които не носели непосредствена печалба, но притежавали предвидима техническа значимост. Един такъв проблем бил свързан с производство на източници на излъчване, т.е. с физиката на излъчването.

Още с постъпването си във Физико-техническия институт Вин започва да се занимава с проблема за топлинното излъчване на телата. Именно в тази област той прави своето най-голямо откритие, за което ще говорим по-късно. По-нататък неговата творческа, преподавателска и изследователска траектория преминава през няколко университета: като приват-доцент в Берлинския университет (1892-1896 г.), професор в Аахен (1896-1899 г.), после във Вюрцбург (1900–1906 г.) и Мюнхен (след 1906 г.)

Преди да разгледаме „Нобеловото“ откритие на В. Вин, ще посочим някои негови „по-дребни“ приноси във физиката.

Нека припомним, че през втората половина на XIX-ото столетие, особено в края му, физиката преживява своеобразен „лъчев бум“. Едни след други са открити катодните лъчи, каналните лъчи, а по-късно рентгеновите и радиоактивните лъчи. „Откриват“ се дори несъществуващи лъчи, които се явяват само във въображението на някои изследователи. (В края на XX век също се „откриват“ такива „лъчи“. Изглежда е правдиво допускането, че на границите на всеки две столетия човечеството оглупява. Отворете кой да е вестник и ще се убедите в това.)

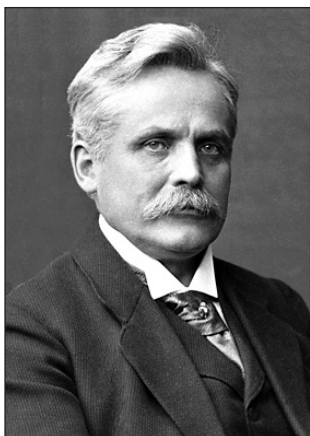
Пред физиците възниква важната и трудна за времето задача – да се изясни природата на тези лъчи, още повече че се води „сървнование“ между вълновите и корпускуларни концепции. Вили Вин се включва в това „състезание“.

През 1897 г. той прави важен принос в изследванията на катодните лъчи като установява техния отрицателен електричен заряд и отношението на заряда към масите им (e/m). Както сполучливо се изразява А. Н. Вълцев, на Вин принадлежи собствена „струя“ в изследванията на катодните лъчи, която, заедно с изследванията на Ленард, Томсън, Вихерт и Кауфман, образуват общ поток във физиката, довел до откриването на електрона [2].

През 1902 г. Вин установява отклонение на каналните лъчи в електрични и магнитни полета, измерва техния специфичен заряд и доказва, че те притежават положителен електричен заряд.

През същата година (1902) провежда изследвания на газоразрядни водородни йони, които го правят предшественик в откриването на протона, открит десет години по-късно от Ръдърфорд [3].

По време на пребиваването си във Вюрцбург (първите години на XX-ото столетие) В. Вин разработва цикъл от хидродинамични работи, свързани с движението на въздуха или циклоните, както и с вълните, възникващи на границите между два движещи се един срещу друг слоя течности или газове. С тези работи той прави приноси в метеорологията.



Фиг. 1. Вилхелм Вин в активните си научни години

През 1907 г. Вин прави първото определяне на дължината на вълната на рентгеновите лъчи. Дотогава съществуват само оценки за тези величини. Към приносите на учения могат да се посочат още: изследване на серията на Лайман в катодните лъчи, изследване на дифракция на катодни лъчи от кристални решетки, теоретично предсказване на разцепването на спектралните линии под действието на електрично поле, експериментално открито от Й. Щарк през 1913 г., и др.

По време на Първата световна война под ръководството на Вин се разработват разнообразни проблеми, свързани с военната техника: усъвършенстване на безжичните телефони и телеграфи, изработване на електронни лампи и др.

Заслугите на Вин за развитието на физиката са били оценени от научното общество. Той бил награден с медала, учреден в чест на големия немски физик-оптик Ернст Абе,

на който медал било написано: „На майстора на теорията и експеримента“.

В биографичната статия, посветена на Вин, Макс фон Лауе го нарича „експериментатор първи ранг.“ [4] Не по-малко право имаме да наречем този учен

„ФЛАГМАН НА ТЕОРЕТИЧНАТА ФИЗИКА“

Доказателство за това звание са огромните му приноси в изясняването на природата на топлинното излъчване. Именно за тези приноси през 1911 г. В. Вин получава Нобеловата награда по физика.

В споменатата по-горе статия [4] М. Лауе посочва трите крачки, направени в изучаването на топлинното излъчване, преди Макс Планк да достигне до своето знаменито откритие, смятано за начало на квантовата физика.

Първата крачка безспорно принадлежи на Густав Кирхоф (1824-1887). Той започва своите изследвания, като въвежда предположението за съществуване на абсолютно черно тяло. По определение това е тяло, което напълно поглъща целия падащ върху него лъчист поток, независимо от температурата на тялото и спектралния състав на потока. Излъчването на такова тяло се определя само от неговата температура и не зависи от свойствата на веществото, от което е направено.

През 1859 г. Кирхоф установява, че отношението на излъчвателната способност на абсолютно черно тяло към неговата поглъщателна способност е универсална функция, която не зависи от природата на тялото. Това отношение, наречено спектрална функция $u(\omega, T)$, зависи от честотата ω и температурата T . В нея се съдържа цялата информация за свойствата на топлинното излъчване.

Втората крачка е направена от австрийския физик Людвиг Болцман (1844-1906) през 1884 г. На основата на термодинамични съображения той стига до извода, че енергията на излъчване на абсолютно черно тяло е пропорционална на четвъртата степен на абсолютната температура:

$$E = \sigma T^4$$

Тази зависимост е била емпирично установена през 1879 г. от словенския физик Йозеф Стефан (1835–1893). Затова посоченият закон и константата σ носят имената на двамата учени. По-късно Х. Лоренц оценява високо приноса на Л. Болцман, като определя неговата статия за „перла на теоретичната физика.“

Постигнатите успехи не обяснявали загадката за разпределението на енергията в спектъра на лъчението. С тази задача се заел В. Вин, с което направил третата важна крачка в тази област. Още през 1893 г. той извел теоретично закона за разпределение на енергията в спектъра на излъчването на абсолютно черно тяло в зависимост от температурата. Според този закон плътността на енергията на излъчване (количеството енергия, изпускана за единица време от единица площ на излъчвателя), съответстваща на честота ω , зависи от нея и от абсолютната температура по следния начин:

$$u = \omega^3 f\left(\frac{\omega}{T}\right)$$

Същата година, на основата на термодинамични съображения Вин получил тъй наречения „закон за отместването“, според който дължината на вълната, съответстваща на максимална енергия в спектъра на абсолютно черно тяло, е обратно пропорционална на абсолютната температура на излъчващото тяло, или

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const.}$$

Названието на този закон се определя от факта, че при повишаване на температурата T , максимумът се отмества към по-малките дължини на вълните.

През 1895 год. Вин, заедно с Ото Лумер (1860-1925), реализирал модел на абсолютно черно тяло във вид на куха сфера с огледални вътрешни стени и с тясно отворстие. Опитите, проведени с този модел, потвърдили закона за отместването. През следващата година (1896) Вин търси и получава по-точен вид на функцията $f(\omega/T)$.

Неговите разсъждения представляват както научен, така и методичен интерес. Нагриването на телата предизвиква ускорение в движението на молекулите, влизащи в състава им. Ускорението на молекулите естествено е свързано с техните скорости, а разпределението им по скорости следва максвеловото разпределение. Тъй като молекулите притежават електричен заряд, в резултат на полученото ускорение излъчват електромагнитни вълни. На основата на тези разсъждения Вин получава следната формула

$$u = c_1 \omega^3 \exp(-c_2 \omega/T),$$

където C_1 и C_2 са някакви константи.

Много години, когато преподавах атомна физика на моите студенти, аз не обръщах достатъчно внимание на тези „някакви си константи“, не виждайки тяхната скрита същност. По-късно открих, че това не са обикновени константи в банална формула, защото в тях се съдържат фундаментални физически идеи, нови за XIX век: идеята за

кванта действие, идеята за кванта енергия и идеята за корпускуларната структура на полето на излъчване. Тези въпроси много подробно и съдържателно са разгледани в литературата, посветена на зараждането на квантовите идеи [3,5,6]. Нека надникнем в генезиса на посочените идеи.

Представите за квант на действието и квант на енергията, които се съдържат в закона за топлинното излъчване на Вин, А. Н. Вялцев определя като еталон за „скрито знание“. Пръв Макс Планк (1858-1945) прави тези идеи явни в работите си в края на 1900 г. Докладваната от него историческа работа пред Берлинската академия на 19 окт. 1900 г. има заглавие „За едно подобрене на спектралното уравнение на Вин“. В нея се съдържа формула, която дава правилно обяснение на топлинното излъчване в целия спектър от дължини. Два месеца по-късно (14 дек. 1900) той изказва пред Немското физическо дружество предположението за дискретност на излъчването и достига до израза

$$E=h\cdot\nu,$$

където h е една константа, справедливо носеща името на своя „създател“, а ν е честотата на излъчването.

По такъв начин, благодарение на В. Вин е направена последната крачка преди създаването на квантовата теория. Това съвсем не омаловажава приносите на Планк. Неговата заслуга е в логическия скок, който той извършва, за да разкрие великата идея за квантите. Според А. Н. Вялцев „историята с проблема за топлинното лъчение образно може да се сравни с течението на река, която се прекъсва от голям водопад от типа на Ниагара или Виктория“ [3]. Скокът в този „водопад“ е извършен от М. Планк. Но той високо оценява заслугите на своя предшественик. През 1910 г., когато предлага В. Вин за член-кореспондент на Берлинската академия, в доклада си М. Планк отбелязва, че „законът за отместването на Вин представлява съвършено точен закон на природата, който понастоящем служи като една от основите на теорията на излъчването.“



Фиг. 2. Вили Вин в ректорската тога на университета на Вюрцбург (1913-1914)

Както вече споменахме, във формулата на Вин в скрит вид се съдържа идеята за квантовия характер на електромагнитното поле. Именно Айнщайн прави скритото явно, въвеждайки квантовата енергия като „светлинен квант“. Забележително е това, че при въвеждането на хипотезата за светлинните кванти Айнщайн се ползва не от формулата на Планк, а от формулата на Вин. Както е известно, приемайки тази хипотеза, Айнщайн обяснява редица опитни явления, в това число и явлението фотоефект.

Разказаната история на откритията напълно се потвърждава от хронологията в присъждането на Нобеловите награди по физика. Вили Вин е удостоен с тази награда през 1911 г. като признание за „неговите открития на законите за топлинното излъчване“. Макс Планк трябва „да изчака“

още няколко години, докато научното общество оцени неговия принос във физиката. Нобеловата награда му е присъдена през 1918 г. „като признание за заслугите му за развитието на физиката чрез откриването на енергийния квант.“ А. Айнщайн получава голямата награда през 1922 г. „за заслугите му в теоретичната физика и в частност за откриването на законите на фотоелектрическия ефект.“

ТВОРЧЕСКАТА ХАРАКТЕРИСТИКА

на Вин би била непълна, ако не се посочат и неговите приноси в други области на физиката извън указаните по-горе. Активностите на учения показват, че е бил твърде универсален в интересите си. Той е взимал участие в дискусии по основните методологични проблеми на физиката: теорията на относителността, квантовата хипотеза, атомните модели и др. Например през 1905 г. в доклад пред 77 конгрес на немските естествоизпитатели взел отношение по въпроса за планетарния модел на атома, предложен от Нагаока (положително заредено ядро, около което се въртят електрони, образували своеобразен „сатурнов пръстен“). В. Вин се произнесъл против този модел, като обърнал внимание, че съгласно законите на класическата електродинамика, при въртенето около ядрото електроните ще губят своята енергия, следователно такива атоми не могат да бъдат устойчиви. Критиката била напълно научно обоснована. Едва през 1913 г. Нилс Бор проявил смелостта да се откаже от законите на класическата електродинамика в света на атомите.

През 1907 год. Вин пренася квантовия механизъм на фотоефекта върху процесите на проникване на вторичните катодни лъчи, възникващи под действие на рентгеновите лъчи. През 1909 г. пак той написва първата енциклопедична статия, посветена на квантовата теория на излъчването.

В. Вин се стремил да обхване цялата физика и взимал участие в развитието на всичките ѝ области. Неговите енциклопедични познания се проявили и в издадените от него „Ръководство по експериментална физика“ и „Ръководство по радиология“.

Едно от стимулиращите събития във физиката през първите десетилетия на XX век било организирането на т.нар. „Солвеевски конгреси“. Белгийският химик-технолог Ернест Солве (1838-1922) забогатял от производството на сода и отделил част от средствата си за поощряване на научни изследвания. Една от неговите инициативи била организирането на „частни“ конгреси (с негови лични средства), на които събирал цвета на европейската физика. Първият конгрес бил проведен през 1911 г. На него, освен В. Вин, присъствали М. Планк, Зомерфелд, Ъ. Ръдърфорд, лорд Рейли, М. Кюри, А. Айнщайн, Х. Лоренц и др. До края на живота си Вин бил редовен участник в тези конгреси.

Като човек В. Вин бил жизнерадостен и неуморим – както в изследванията, така и във всички останали действия. До войната редовно организирал зимни разходки, в които увличал своите ученици и сътрудници. Очевидно бил добър и строг преподавател, както и екзаминатор. Във връзка с това ще приведем ЕДНА ПОУЧИТЕЛНА ИСТОРИЯ, която се преразказва като анекдот. Става дума за аспирантския изпит на



Фиг. 3. В. Вин с внуците си

В. Хайзенберг, проведен в Мюнхен през 1923 г. Професор Вин започнал да задава на аспиранта практични въпроси като: „Как работи електрическата батерия?“ или „Каква е разделителната способност на микроскопа?“. Хайзенберг „хабер си нямал“ по тези въпроси (изразът е на Л. Ледерман в книгата му „Частичката Бог“). Изпитът бил взет само благодарение на застъпничеството на другия изпитващ – Зомерфелд.

След 2-3 години Историята се „пошегувала“ с този случай. Хайзенберг, който бил стопроцентов теоретик, провел пре-

цизни „мислени експерименти“ с микроскоп, с който се „наблюдава“ електрон, ударен от гама-квант. Така той доказал знаменитото съотношение за неопределеност, като използвал формулата за разделителната способност на микроскопа (която не знаел на изпита). Че му дали и Нобелова награда за тези приноси (1932 г.).

Урок за маститите учени: Не късайте горките докторанти само защото не знаят отговорите на някои въпроси, с които Вие сте се занимавали цял живот! Не се знае какво ще излезе от такъв „недоучен“ човек.

В заключение, още веднъж ще посочим безсмъртната заслуга на Вили Вин в науката: със своите изследвания той довел физиката до вратите на квантовата теория. Тези врати са отворени от Планк и Айнщайн, благодарение на което навлязохме в един нов свят – квантовия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Клайн, Б., В поисках (превод от английски), Москва, Атомиздат, 1971.
- [2] Вьяльцев, А. Н., Открытие элементарных частиц (електрон, фотони), Москва, „Наука“, 1981.
- [3] Вьяльцев, А. Н., Открытие элементарных частиц (нуклоны, антинуклоны), М. „Наука“, 1984.
- [4] Лауе, М., Статьи и речи, превод от немски, Москва, „Наука“, 1969.
- [5] Шепф, Х.-Г. От Кирхгофа до Планка, превод от немски, Москва, „Мир“, 1981.
- [6] Джеммер, М., Эволюция понятий квантовой механики, превод от английски, Москва, „Наука“, 1985.

ФИЗИКАТА В СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ (1889-2014)

Иван Лалов

1. Увод

Преподаване и научни изследвания по физика в Софийския университет се развиват от основаването на Физико-математическото отделение при Висшето училище в София (1889 г.). През 125-те години оттогава българската физика следва националната идея да догони „развитите народи“ и да върви в крак със световните тенденции за наука и образование. Но същият период е забележителен за развитието на самата наука физика и за нейната роля в човешкото познание и в човешкото общество.

Преломен момент в историята на физиката представлява преходът от завършената научна система на класическата физика към квантовата физика. В началото на миналия век атомната физика, теорията на относителността и настъпващата квантова теория промениха революционно съдържанието на физиката и придадоха нов смисъл на нейните понятия и закони. Новите експериментални методики разшириха кръга на изследваните явления и разкриха реалната картина за света на атомите, молекулите и елементарните частици, за макрокосмоса на Вселената и за света на кондензираните среди и плазмата, в който живеем. Теоретичните и експериментални методи на физиката навлязоха мощно в другите природни науки – химия, биология, геология – и съставят част от тяхната научна база. Самата философия на естествознанието сега изглежда съвсем различна, сравнена с началото на 20-и век.

Със своите открития физиката промени техническата база на съвременната цивилизация и това можем най-силно да почувстваме в енергетиката, в оптиката и комуникациите (лазерите), в елементната база на съвременните компютри и др. Промените във военната техника (атомно и водородно оръжие, лазерни системи и др.) създадоха нова геополитическа обстановка, която изключва – поне засега – световни войни, подобни на войните през първата половина на миналия век. Тези промени се извършват със забързан ритъм, невидан в човешката история, няколко пъти в живота на едно поколение.

Всичко това е част от общата картина и предизвикателствата пред физиците в Софийския университет. Разбира се, развитието на физиката не е откъснато от промените и социалните сътресения през тези 125 години в българското общество, в Европа и в света. Затова и структурата на доклада следва периодизация, определена от българската история, а именно:

- началните десетилетия на Софийския университет и на физико-математическия факултет (приблизително до края на Първата световна война);
- периода между двете световни войни, означен във физиката със значими научни открития, вкл. в българската физика;

– времето на социализма, свързано с нараснал интерес към природните науки и с проблемите, породени от студената война и от необходимата международна интеграция;
– времето на промените (от 1989 г.), предоставящо нови възможности и поставило нови проблеми пред колегията на физиците.

В заключението са изложени вижданията на автора за някои общи проблеми и задачи пред математици, физици и химици в годината, в която честваме нашия общ юбилей.

2. Началото. Хумболтовият модел (1889-1920)

Първият курс по физика е четен през учебната 1889/90 година от Емануил Иванов, завършил математика и физика в Мюнхенската политехника, редовен професор по математика от 1889 г. До 1920 г. съществува единна специалност „математика и физика“ в откритото през същата 1889 година физико-математическо отделение (според закона за Висшето училище от 1894 г. – Физико-математически факултет – ФМФ).

Единен е и моделът на университета, който следват от самото начало физици и математици – Хумболтовия университет, в който наред с преподаването се извършват и научни изследвания. Именно тази комбинация на наука и образование се смята и досега за най-успешна и ефективна за качествено обучение на висококвалифицирани специалисти.

От следващата 1890/91 учебна година за преподавател по физика и физически упражнения (очевидно лабораторни) е назначен Порфирий Ив. Бахметиев, който от 1895-1907 г. е редовен професор във ФМФ и ръководител на катедрата по физика. Руснак по произход, завършил Университета в Цюрих и частен доцент в него, той идва в СУ като автор на около 20 научни статии по изследвания на магнетизма и термоелектричеството, земните токове и дори с идеи за предаване на образи по електронен път. Бахметиев има сериозни интереси в биологията и се смята за откривател на явлението „анабиоза при висшите организми“ (намалена биологична активност при ниски температури с възможности за възстановяване). Той е интересен лектор и горещ привърженик на обучението по физика в лабораторията. За тази цел под негово ръководство студенти изработват лабораторни уреди, а ФМФ участва с 43 физически уреда в Първото пловдивско изложение (1892). Но главната заслуга на Бахметиев е съчетаването на обучението с научните изследвания, към което той последователно насочва и студентите. Бахметиев е европейски учен, макар с прекалено разнородна тематика, който се стреми да постави и физиката в СУ на европейския път.

Първият професор по астрономия във ФМФ е Марин Бъчеваров, възпитаник на ФМФ в Московския университет. С неговите усилия през 1894 г. се открива Астрономическата обсерватория с първата сграда (на досегашното ѝ място), строена специално за Университета. След телескопа на П.Берон се доставят и по-модерни телескопи за нуждите на обсерваторията. Работата на Бахметиев и М. Бъчеваров е високо оценена в годишния доклад за 1893 г. на ректора Ем. Иванов.

В областта на метеорологията и сеизмологията определен принос към образова-

нието има възпитаникът на Загребския университет и първи директор на Софийската метеорологична станция Спас Вацов.

През първото десетилетие на 20-и век в катедрата по експериментална физика израстват и работят двама от нейните бъдещи професори: Петър Пенчев, ученик и сътрудник на Бахметиев, продължител на неговата стратегия при обучението на студентите, специализирал в Гьотинген и Сорбоната – Париж, фактически основоположник на изследванията по радиоактивност у нас, и проф. Ал. Христов, следвал физика и математика в Йена и Лайпциг, където защитава докторска дисертация, а от 1920 до 1937 г. е ръководител на катедрата по експериментална физика.

Във времето до 1907 г. се наблюдава едно възходящо развитие на научно-преподавателските области и катедри, а през 1897 г. се обособяват и институти към ФМФ преди всичко с научни функции (любопитни са статиите на Бахметиев „Какво нещо е физически институт“ и на Спас Вацов „Що е метеорологичен институт“). Физическият институт обхваща лабораториите по физика и метеорология и Астрономическата обсерватория. Към по-широка аудитория е насочена дейността на основаното през 1898 г. Българско физико-математическо дружество, основните дейци на което са физиците и математиците от СУ.

В началото на 1907 г. при откриването на Народния театър княз Фердинанд е освиркан от студентите на СУ. Ще споменем любопитния факт, че студенти от ФМФ получават билети за откриването, но ги връщат на разпоредителната комисия в знак на солидарност със свои колеги и с непоканени професори. Освиркването слага началото на т.нар. университетска криза, при която университетът е затворен за около една година, а всички професори и преподаватели са уволнени по решение на правителството. Кризата поставя университета в центъра на общественото внимание, като място, където се градят и демократичните традиции. Правителството полага усилия да създаде нов университет, наречен „Апостолов“ по името на министъра на просвещението, с нови професори. При това физиката понася сериозен удар заради активната позиция на П. Бахметиев, който подпомага усилията на управляващите да намерят нови преподаватели. След провала на „Апостоловия“ университет и смяната на кабинета Бахметиев е уволнен за винаги от Софийския университет и до 1909 г. няма редовен преподавател по експериментална физика.

Сериозни пречки в развитието на висшето образование поставят войните от 1912-1918 г. Преподавателите са мобилизирани (П. Пенчев, Ал. Христов, К. Попов, който защитава дисертация в Сорбоната в началото на септември 1912 г. и веднага се връща в България за участие в Балканската война), а учебният процес е прекъсван. През 1916 г. Г. Наджаков, вместо в аудиториите, заминава на фронта. Но и в тази обстановка се полагат усилия за развитие на университетски структури, а от есента на 1918 г. започват занятията в новосъздадения Медицински факултет. Първата лекция в него е по физика – факт, който подчертава разбирането за важността на нашата наука.

През целия начален период на развитието на ФМФ физика се преподава и за всички природни специалности, преди всичко за химици, а също – за студентите по

естествена история. Важно е да отбележим разбирането на университетските преподаватели за необходимостта от диференциране на учебните програми по физика с оглед спецификата на специалността, но също – необходимостта физиците да слушат курса по неорганична химия, курсовете по „педагогика, психология, история и философия“.

Основната група специалисти, които ФМФ подготвя през началните десетилетия, са учителите по природни науки и математика, но и учени и университетски преподаватели.

3. Големите „български“ открития през следващия четвърт век (1920-1944)

Периодът между двете световни войни започва с едно мъчително възстановяване на националния живот след двете национални катастрофи. Жизнеността на българската нация по това време позволява да се преодолеят за около десетилетие най-негативните последици от войните и да се излезе на пътя на съзиданието. В Университета за няколко години се създават нови факултети – Богословски, Агрономически, Ветеринарен, а съществуващите дотогава продължават възходящото си развитие от предвоенния период като се опират на традициите. Въпреки всички трудности и превратности, за около две десетилетия Софийският университет достига добро европейско ниво. Всичко това се отнася и за физиката в СУ, която през 1920 г. се обособява в специалност, отделна от математиката (макар първите отделни випуски по физика и математика да завършват през 1927 г.). Това разделяне следва да се оцени като полезно и необходимо с оглед развитието на науките и тяхното преподаване в средните училища.

Важна крачка в развитието на физиката е създаването през 1921 г. на катедра по математична (теоретична) физика с пръв титуляр проф. Г. Манев, завършил ФМФ и специализирал във Франция. Той създава редица курсове (12) по теоретична физика и написва първите учебници по тези курсове. Научната му проблематика е свързана с теория на гравитацията, малко встрани от бурно развиваната в този период обща теория на относителността на Айнщайн. Г. Манев не възприема тази теория и намира поправки към гравитационния потенциал, който следва от Нютоновата теория. Поправките позволяват да се обяснят някои ефекти, например прецесията на перихелия на Меркурий, алтернативно на обясненията на Айнщайн. Г. Манев е широко цитиран през 30-те години от чужди учени, а нов максимум на интереса към неговите работи имаше през 90-те години на 20-и век. Същевременно неговата научна продукция е остро критикувана от К. Попов. Г. Манев е декан на ФМФ и ректор на Университета през 1936/37 година, а през следващата година за няколко месеца е министър на народното просвещение. Заради това през 1944 г. е уволнен от Университета. Безспорна е, обаче, неговата роля като създател на катедрата по теоретична физика.

Всъщност Манев не е първият учен в СУ, който се занимава с теоретична физика. Най-яркият математик и физик-астроном, който прави изследвания в областта на небесната механика, външната балистика и др. (освен чисто математичните трудове) е акад. К. Попов. Завършил е Софийския университет, специализирал във Франция

и Германия и защитил докторат при известния математик и физик Поанкаре. К. Попов има големи заслуги в развитието на катедрата по астрономия след М. Бъчеваров и преди Н. Бонев, извършва сериозни астрономически наблюдения (на Халеевата комета), а около 1/3 от неговите трудове са посветени на астрономията. К. Попов е истински учен, отдаден на науката и на каузата на обучението на студентите в науката и в подготовката да правят наука. Забележително е, че на почти 70 години той се заема с изследвания в областта на термодинамиката на необратимите процеси, за което през 1957 г. получава награда от Парижката академия на науките.

През 30-те години на 20-и век във ФМФ са направени две големи открития, признати в света – теорията на кристалния растеж (Ив. Странски, Л. Кръстанов, Р. Каишев) и откриването на фотоелектретите (Г.Наджаков). Теорията на Косел-Странски описва механизма и термодинамиката на израстването на кристална фаза, молекулно-кинетичните процеси и скоростта на образуване на кристала. Тази обща теория се прилага от Л. Кръстанов, бъдещия председател на БАН (1962-68), към процесите на образуване на ледени кристалчета от водни пари и на облакообразуването. Несъмнено тази теория представлява най-значителният принос на българската физико-химия и физика към световната наука.

Акад. Г. Наджаков е автор на откритие № 1 по българския регистър – откриването на фотоелектретите, а именно дълготрайна (перманентна) поляризация на диелектрици (например сяра) под действие на светлина и електрично поле. Акад. Наджаков завършва ФМФ и от 1921 г. е асистент в катедрата по експериментална физика, а през 1925-26 г. специализира в Париж при Пол Ланжвен. Откриването на фотоелектретите е резултат и от дотогавашните негови изследвания и има отношение към процесите на ксерографията. Г. Наджаков променя курса по физика и го превръща в курс по опитна физика. Той полага големи усилия за модернизирание на учебните лаборатории, а от 1937 г. е ръководител на катедрата по опитна физика. Неспокойната му натура го подтиква към създаването на колоквиум по опитна физика (научен семинар) към ФМФ през 1941 г., а само неблагоприятните условия на Втората световна война му попречват да започне строежа на нова сграда на факултета.

Бурното развитие на атомната и ядрената физика между двете световни войни достига и до България, като първата специалистка у нас по ядрена физика е Елисавета Карамихайлова. Тя завършва специалност физика и математика във Виенския университет и дълги години работи в т.нар. Радиов институт във Виена и в Кеймбридж – в Кавендишката лаборатория на Ръдърфорд и Брег. Заедно със своята виенска съавторка М. Блау изследват през 1931 г. едновременно с няколко други групи в Европа т.нар. „берилиево лъчение“, което Чадуик интерпретира като поток от неутрони и получава Нобелова награда. През 1939 г. Карамихайлова е избрана за доцент по атомна физика (опитна атомистика и радиоактивност) и става първата жена, хабилитирана в Софийския университет (по-късно тя е и първата жена-професор по физика). Е. Карамихайлова създава лабораторията и катедрата по атомна физика към СУ и има важна роля в изследванията по радиоактивност у нас.

През 30-те години на 20-и век основна фигура в българската астрономична наука е акад. Н. Бонев. Най-известните му работи са по произхода на лунните кратери, високо оценени от международната колегия. Достолепна академична фигура, той модернизира обучението по астрономия и написва учебниците по сферична астрономия и по-късно по астрофизика.

Във ФМФ се създава в началото на 40-те години на 20-и век катедра по Техническа физика, оглавявана от акад. Е. Джаков, чиято научна дейност по това време е посветена на актуалните изследвания на електронни процеси във вакуумни диоди и магнетрони (съвместно с Ал. Раев). Проф. Джаков бе забележителен със строгия, икономичен и точен стил на написаните от него учебници и изнасяни лекции.

През учебната 1938/39 г. се отбелязва бляскаво 50-годишният юбилей на Софийския университет – едно събитие за цялата българска общественост, в присъствие на много чуждестранни светили на науката – университетски професори, Нобелови лауреати и др. Титлата „Почетен доктор на Софийския университет“ през май 1939 г. от физиците получават проф. П. Ланжвен, проф. К. Каспер, проф. Роберт Пол (Гьотинген) и Нобеловият лауреат П. Дебай. Отбелязването на юбилея е едно признание за Университета и за неговите факултети за извървения път, превърнал го, особено в двадесетте години между войните, в един събрат на големите университети в Европа, със свое място и постижения.

Втората световна война отново силно нарушава университетския живот. В периода през 1943-44 г. на засилени бомбардировки над София Университетът се евакуира в провинцията. Но даже и при тези условия във ФМФ се откриват нови катедри, а през 1942 г. се открива Висше техническо училище, в създаването на което физиците Г. Наджаков, Саздо Иванов и Кирил Кирков играят основна роля.

4. Физиката в Софийския университет през времето на „реалния“ социализъм (1944-1989)

Десетилетието 1944-1954 г. е най-трудното в живота на Софийския университет не само поради тежките следвоенни условия, но и заради извършваните промени на стила и съдържанието на преподаването със задължителна идеологизация и налагането на съветския модел от Сталиново време, а също с политическите чистки сред преподавателите и студентите и отделянето на важни факултети от Софийския университет (Медицински, Стопански, Богословски, Агрономически, Ветеринарно-медицински). Поради естеството на науките във физиката, химията и математиката такава идеологизация се чувства по-слабо, отколкото в хуманитарните факултети и в биологията. Друга причина, този път положителна, която намалява ефекта на идеологията, е съветският пример във физиката. Подготвената офанзива, подобна на тази срещу генетиката, се планира и не се провежда по субективни и прагматични причини. В България доста маломощна идеологическа критика (не от гледище на научното съдържание) на учебниците на Г. Наджаков и А. Дацев се провежда в началото на 50-те години без особен резултат. Но партийният контрол вътре във факултета, макар и по-деликатен,

отколкото другаде, се изрази в преместването в други институти (преди всичко в БАН) на проф. Е. Карамихайлова, проф. Л. Митрани, проф. П. Райчев. Някои от тези решения, взети преди всичко по политически причини, бяха отменени с началото на промените през 1989 г.

По-особеното отношение на управляващите по времето на „реалния“ социализъм към точните науки се коренеше освен в спецификата на науките (по-безопасни в идеологически-пропаганден аспект), и в надеждите, че тяхното развитие непосредствено ще промени и модернизира икономиката. Затова природните и математичните науки се финансираха по-щедро, а партийният контрол се осъществяваше неизменно, но по-слабо засягаше самото съдържание на научните изследвания и преподаването. Оценката на този период показва, че лозунгът „Науката – непосредствена производителна сила“, макар и полезен за развитието на нашите науки, представлява една илюзия. Науката създава само необходимите инструменти за модернизацията на икономиката, но те не са достатъчни. Нужна е политическа воля и стимули за промяна, които да идват от самата икономика, а в социалистическото „народно стопанство“ те бяха слаби.

Най-силно развитие научните изследвания и преподаването по физика имаха в периода 1955-1980 г., когато нараснаха неколкостранно съставите на преподавателите и студентите по физика в Софийския университет и в новосъздадените университети в Пловдив, Благоевград и Шумен. Появиха се много нови специализации и специалности по физически науки. През 1951 г. се създават две специалности: физика – педагогически профил и физика – научно-производствен профил (по-късно остана само производствен профил). Във втората специалност се формира най-напред специализация по метеорология и геофизика, а около 1958-60 г. се оформиха и специализациите по атомна и ядрена физика, физика на твърдото тяло и радиофизика, всяка със свой набор от модерни спецкурсове. През 1960 г. ФМФ се премести от старата сграда на „Московска“ 49 в нова голяма сграда в кв. „Лозенец“. Преместването бе знак за значителни промени. През 1962 г. се отдели Химическият факултет, а през 1963 г. се създадоха Физическият факултет и Факултетът по математика и механика, които през 70-те години се пренесоха в нови сгради в същия район. Във Физическия факултет бяха инвестирани значителни средства за закупуване на апаратура за учебните и научни лаборатории (преди всичко от СССР и другите социалистически страни, но частично по т.нар. „второ направление“, т.е. от западни фирми). Броят на преподавателите във Физическия факултет от около 40 в началото на 60-те години бързо се удвои, а в края на 70-те години достигна почти 200 с около 150 души учебно-помощен персонал. Броят на студентите, които постъпваха в първи курс през 60-те години, достигна двеста (и повече). Като резултат от такова развитие, през 1972/73 г. към двете специалности се добавиха още три: физика на Земята, атмосферата и Космоса, инженерна физика и физика на полупроводниците. Създаването на новите специалности бе израз на необходимостта от такива специалисти, но и показваше стремежа на колегията да търси подходяща реализация на своите възпитаници.

Разширяването на специалностите, по които се обучават студенти и се реализира

научно-изследователска работа, отразява развитието на физиката и създаването на нови нейни клонове като квантова електроника, ядрена техника и енергетика, развитие на космическите изследвания и др. Броят на катедрите във физическия факултет нарасна до 13. Разшириха се и международните научни контакти, като най-леко се реализираха с т.нар. социалистически страни. България е член на Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ-Дубна) от основаването му през 1956 г. и преподавателите от Физическия факултет акад. Е. Джаков, акад. Хр. Христов, проф. Иван Златев, акад. Е. Наджаков бяха вицедиректори на Института или на негови лаборатории. Голям брой физици – теоретици и специалисти по ядрена физика и физика на елементарните частици от Физическия факултет са работили в ОИЯИ. За съжаление, условията на студената война и финансовите ограничения бяха пречка в развитието на научните връзки със западните страни (каквито все пак съществуваха, например с Центъра по теоретична физика – Триест, Хумболтовата фондация и др.).

За чест на колегията на Физическия факултет, тя не изостави традициите да се съчетават образованието и научната дейност, осъществявани на съвременен ниво. Това позволи качеството на образованието на физиците да се доближи до международните стандарти, особено откъм теоретичната подготовка. Физическият факултет на СУ и досега показва модела на висшето образование по физика в България и е един от центровете, които определят нивото на научните изследвания по физика, заедно с институтите на БАН.

През разглеждания период във факултета работеха голям брой видни учени, някои с международна известност. Акад. Г. Наджаков бе ректор на СУ през 1947-51 г., но постепенно премести центъра на своята дейност към Физическия институт на БАН и към обществени дейности. Същото може да се каже и за академиците Ем. Джаков и Н. Бонев. Позволявам си да направя кратка и лично моя характеристика на някои от най-силните преподаватели от физическия факултет.

Акад. А. Дацев бе дълги години ръководител на катедрата по теоретична физика и голям радетел за силен автономен университет, който да следва демократичните университетски традиции в преподаването и отношенията със студентите.

Акад. Хр. Христов, също теоретик и ръководител на катедрата по атомна физика, бе обичан и ценен лектор, със стремеж да подтикне цялата колегия на физиците към активна научно-преподавателска и обществена работа. Ректор на СУ през 1972-73 г.

Акад. М. Борисов (когото смятам за свой учител) беше търсещ новостите и новите научни области учен, с интереси към преподаването на физиката в средните училища, един от инициаторите на спец. „инженерна физика“, създател и на Международна школа по физика на кондензираната материя (Варна). В периода 1962-1980 г. той пресъздаде катедрата по опитна физика (по-късно физика на твърдото тяло и микроелектроника). В някои среди се смята за строител на българската физика.

Акад. Ст. Панчев бе световноизвестен специалист по метеорология и динамика на атмосферата и океана. Автор на научни монографии, някои издадени на няколко езика. През периода 1965-1980 г. създаде новата структура на катедрата по метеорология и геофизика.

Акад. Е. Наджаков бе също световноизвестен със своите изследвания по ядрена физика (теоретични и експериментални). През втората половина на 60-те и през 70-те години активно промени курса по опитна физика за физици в курс по обща физика.

Проф. Ив. Златев бе един от най-добрите лектори във Физическия факултет, специално по теоретична физика. На няколко пъти бе декан на факултета, с неизменна грижа за неговия колектив, студенти и материална база.

Проф. Цв. Бончев също бе дълго време декан на факултета. Той бе един от динамичните изследователи и организатори на науката, активно работеше с големи групи сътрудници от катедрата по атомна физика и много студенти. Известен изследовател на ефекта на Мьосбауер. По време на аварията в Чернобил активно алармираше колегията, част от управляващите и, доколкото бе възможно, обществеността за опасностите от радиоактивно заразяване.

Проф. М. Молдованова бе специалист по физика на полупроводниците и, като използваше своите връзки и пробивност, създаде катедрата по полупроводници, в която работеха много квалифицирани специалисти.

Доц. К. Стаменов е в основата на изследванията по квантова електроника във факултета и създател на съответната катедра, с неизменна грижа за младите в науката, като поставяше собствената си кариера на втори план.

Проф. А. Апостолов е един от признатите специалисти по изследване на магнетизма в ортоферити и перовскити, ръководител на катедрата по физика на твърдото тяло, която наброяваше 80 души, и отговаряше за две специализации. Проф. Апостолов полагаше сериозни усилия да усети посоката на научните изследвания по физика в света и да насочи правилно изследванията в катедрата и факултета.

През 70-те години партийните органи решиха да приложат модела на математиците и да се осъществи интеграция на научната дейност и преподаването в БАН и СУ. И досега смятам, че тази идея беше правилна, но лошо реализирана. У университетските преподаватели имаше усещане, че губят своята самостоятелност в науката, а сътрудниците от физическите институти на БАН бяха заставяни да извършват без заплащане учебна работа, която беше сравнително необичайна за тях и не особено желана. По тези причини идеята за интеграцията заглъхна през 80-те години. За отношението на управляващите към БАН и СУ ще приведа един факт, отбелязан в книгата „История на Софийския университет“, издадена през 1988 г. Фондовата въоръженост на специалист от БАН през 1980 г. е била 18 хил. лева, а на специалист от СУ 3 хил. лв.. Вероятно във физиката разликата в материалната база не е била толкова голяма, но условията за научна работа в БАН бяха несъмнено по-добри.

Общата оценка за развитие на физиката в СУ през 45-те години на социализма е положителна – като нарастване на броя на преподавателите и студентите, сградната и материална база, качеството на научните изследвания и подготовката на завършващите студенти. Ще отбележим и най-силно проявените недостатъци:

- сравнително трудни контакти със западните страни и научни школи;
- неособено добра връзка с икономическите отрасли, за които би трябвало да

се подготвят специалисти, и недостатъчното развитие на специалност „инженерна физика“.

Сериозен проблем пред Софийския университет и специално пред Физическия факултет беше и си остава недостатъчното внимание към подготовката на бъдещите учители по физика, малък брой от които са наши възпитаници. Това неминуемо се отразява върху подготовката на учениците и на бъдещите студенти по физика в природните и техническите специалности.

5. Физиката в СУ през времето на промените (1989-2014)

Периодът на промените в България и в света ни постави пред лицето на нови предизвикателства. Студената война завърши и финансирането на природните науки бе намалено (и за мирни, и за военни цели). Силно се редуцира интересът на младите хора към тези науки като бъдеща кариера (за сметка на обществените и хуманитарните науки). В България тези явления бяха усилены от общото намаляване на обществен интерес и финансирането на науката. За съжаление, през тези години силно спадна ефективността на средното образование и подготовката на учениците и на бъдещите студенти по природни науки и специално по физика. Намаляха часовете в училище по физика, а не бе изградена система за предуниверситетска подготовка в 11-12-и клас. Физиката в училище се преподава по-скоро като теоретична дисциплина, без достатъчно демонстрации и лабораторни задачи.

Като положителна промяна ще споменем даването на реална автономия на университетите и демократизацията на учебния процес. Но тази автономия е силно ограничена финансово, а елитните университети като СУ страдат от натиска на посредствеността.

При тези условия преподавателите от Физическия факултет вече почти четвърт век полагат усилия да запазят нивото на подготовка на възпитаниците. Въпреки засилената конкуренция с чуждестранни университети, и през този период продължи развитието на образованието по физика, като се създадоха нова структура и нови специалности във Физическия факултет.

Следвайки предписанията на Болонския процес (1999 г.), в СУ и във Физическия факултет бяха въведени бакалавърска и магистърска степени (от около 2001 г.). Самото им въвеждане, а също – техните срокове и съдържание, бяха дискуссионни. Трябва ли да има специализация в рамките на бакалавърското обучение и каква да е неговата продължителност (6, 7 или 8 семестъра)? Какви да бъдат магистърските програми (сега техният брой е над 20), особено при намаления брой студенти? Оптималното решаване на тези проблеми и сега е актуално, заедно с въпросите за модернизиране на учебните и научни лаборатории и запазването на броя на докторантите.

През учебната 2013/14 година бакалавърските специалности са 12. Това не доведе до очакваното увеличаване броя на новоприетите студенти, който през преходните години се стабилизира на 120-140 бакалаври (за съжаление през тази година новоприетите студенти са с около 15 по-малко). Остро възникна проблемът при първокурсниците за трудния преход от средно към висше образование поради нееднаквата и недостатъчна

подготовка по математика и физика в гимназиите. Поради това първите един-два курса във Физическия факултет са трудно препятствие и значителен процент от студентите отпадат. Към трудностите ще добавим редуцирането на броя на преподавателите, който от 210 през 1990 г. сега е 124 (и 87 служители). Но наследените традиции да се прави наука на международно ниво продължават да са важен фактор в дейността на факултета и публикациите в научни списания са около 180-200 годишно с добър индекс на цитируемост. Важни фактори за това сравнително добро качество на научните изследвания при скромно финансиране са международните научни програми, а също – връзките с международни научни институции. От 1999 г. България е двадесетият член на ЦЕРН и специалисти и групи от Физическия факултет участват в изследванията на института, вкл. в откриването на Хигс-бозона (името на доц. Леандър Литов е добре известно на българската общественост като активен участник в това дело). Ще споменем важната роля, която изигра акад. М. Матеев при издигането и одобряването на нашата кандидатура за ЦЕРН, а докладчикът през 1995 г. като ректор на СУ съдейства за това и прие делегацията на ЦЕРН, която оцени положително качествата и готовността на българската физика да бъде пълноправен член на европейската организация.

Въпреки всички трудности и проблеми, сега и в бъдеще Физическият факултет на СУ запазва своето водещо място в страната по научна продукция, престиж сред студентите по физика, а също – при тяхната реализация на пазара на труда и начален осигурителен доход (по данни от НОИ). Нашето образование по физика е конвертируемо. Ние поддържа нормални научни връзки с колегиите от физици в европейските страни, САЩ, Япония и др. (забележително е, че нашите колеги проф. Б. Арnaudов и доц. Евг. Вълчева са съавтори на Нобеловите лауреати за 2014 г. по тематика от същата област). Физическият факултет е важен фактор, чрез своите научни резултати и връзки, за запазване на мястото на СУ сред първите няколко университета в света. Дори прекомерната либерализация на режима за хабилитиране, програмирана със Закона за израстване на академичния състав, не доведе до недопустимо снижаване на изискванията вътре във факултета.

Времето на продължаващите промени в българското общество не е най-ласкаво към българските физици, специално от Физическия факултет на СУ. Като се опираме отново на нашите традиции в преподаването и в науката, на квалификацията на преподавателите от по-старите и от сегашното поколение, както и на нашите връзки с международната научна общност, надяваме се да запазим досегашното ниво и да модернизираме образованието по физика. С това ние показваме, че Физическият факултет е важна съставка от първия и най-престижен университет на България.

6. Заключение

Не бих искал да правя в последната част на доклада равностойка за развитието на физиката в Софийския университет за 125 години. По-скоро ще се постарая да изкажа някои препоръки за съвместни действия в бъдеще на математици, физици и химици.

Няма съмнение колко необходими са специалистите с добра подготовка по природ-

ни науки и математика и колко важно е да се възвърне интересът към тях като науки и като професия. Българската икономика се изправя пред липсата на специалисти с инженерно-техническа квалификация (по данни на БСК необходими са около 60 хиляди инженери и техници). В основата на тяхната подготовка в училище са природните науки. В определена степен от нашите науки ще зависи ефективното развитие на българската икономика и мястото на страната в Европа.

Изтеклите 125 години от създаването на ФМФ демонстрират ярко колко важно е взаимното разбиране за съдържанието и особеностите на всяка от науките и колко плодотворно е взаимното проникване на идеи и методи. Наложително е по-широко изучаване на физиката, химията и математиката от студентите от трите факултета. В бъдеще трябва да се съгласуват нашите разбирания и действия в следните насоки:

1. Решаване на общи проблеми на средното и висшето образование по природо-математическите дисциплини (хорариум в средните училища, задачи и структура на профилираната подготовка в 11-12 клас, продължителност и учебно съдържание на бакалавърските степени, общи магистърски програми и др.).
2. Популяризиране на резултатите и ефективността от природните и математични дисциплини сред широки обществени слоеве и особено сред младите хора.
3. Привличане на повече млади хора в нашите науки. Те ще определят бъдещото развитие на науките. И в национален, и в международен план природо-математичните науки представляват добра кариера за талантливите хора.
4. Необходими са усилия за достигане на по-съвършен баланс вътре в Софийския университет, който не бива да се превръща в хуманитарен, нито в природо-математичен университет, а в един хармонично развит университет от класически тип.
5. Важно е следването на европейските директиви за съдържанието и финансирането на науката. Общността на математици, химици и физици има съвпадащи интереси да се преподава и да се прави съвременна наука.

Литература

1. История на Софийския университет „Климент Охридски“ (от колектив), Университетско издателство, София (1988 г.)
2. Ив. Лалов, Софийският университет на границата на две столетия, (Академично слово, произнесено на 25.11.1998 г.), Светът на физиката, т.22, кн.1,29 (1999 г.)
3. Ив. Лалов (съставител), Видни физици от Софийския университет „Св. Климент Охридски“ – избрани трудове, Университетско издателство, София (2014 г.)
4. П. Лазарова, Ал. Ваврек, „Първите 60 години от развитието и преподаването по физика в СУ „Св. Климент Охридски“, във „Видни физици от СУ (виж № 3)“
5. Н. Сретенова, Университетът и физиците – начало, Херон прес, София (2000 г.)

ИЗКОПИРАЙ ИЛИ УМРИ

Олег Йорданов

В края на декември престижното Proceedings of The National Academy of Science, USA (PNAS – импакт фактор 9.81 за 2014 година), публикува онлайн предпечатно статия с евфемистичното заглавие „Примери на повторно използване на текстове в научната литература“. Плагиатство не се споменава. Статията ще излезе в брой първи на том 112 на списанието [1]. Авторите са Даниел Сайтрън и Пол Гинспарг, вторият е не някой друг, а създателят на хранилището на електронни препринти, arXiv.org, популярно известно като Архива. В научната общност е практика всяка статия, публикувана в рецензирано списание, да бъде депозирана в архива с цел лесен и бърз достъп. И най-важно, да е свободно достъпна, което за страни като България с недофинансирана наука е „наукоспасяващо“. За значението на хранилището говори броят депозирани в него статии – над 96 хиляди за 2014 година. Наскоро общият брой статии, депозирани в Архива, надхвърли един милион. Разбира се, статията на Сайтрън и Гинспарг е достъпна в Архива.

В наше време „повторното използване на текстове“ е много лесно; копи-пейст изисква маркиране на харесания текст и два клика. Вероятно и съблазънта да се направи е трудно устоима, особено когато атестирането и като следствие позицията на всеки в научните и образователни институции зависи главно, ако не единствено, от количеството публикации, в които фигурира името му като съавтор. Времето, в което живеем, сполучливо се определя от максимата: „Публикувай или умри“. Използването на чужди резултати и директно готов текст от чужди и свои статии са били разкривани често и в миналото. Някои от най-фрапантните случаи са послужили като мотивация на Сайтрън и Гинспарг (С&Г) за тяхното изследване. През 1999 г. двама японски учени докладват, че в серия от публикации на Х. Мебарки и съавтори от Алжирския институт по физика в гр. Константин, резултати и обширни части текст са взети от тяхна книга, публикувана през 1990 г., виж <http://arxiv.org/abs/hep-th/9912039>. Като следствие 6 статии на Мебарки са изтеглени от архива.

През 2007 година, огромен скандал гръмва в нашата южна съседка Турция, което е документирано на страниците на списание „Нейчър“ [2]. Двама докторанти успяват да „пласират“ 65 хитро изработени статии-плагиати в няколко не особено престижни, но рецензирани списания, а след това и в Архива. Хитростта се състои и в това, че в статиите „иновативните“ докторанти успяват да въвлекат, т.е. да получат съгласието за съавторство в „статии“ на 12 професори, доценти и асистенти от няколко турски университета. С решение на администрацията на arXiv.org всичките 65 статии са изтеглени от Архива „поради прекомерно повторно използване текстове от статии на други автори“, виж <http://arxiv.org/new/withdrawals.aug.07.html>. Въпреки закана на един от докторантите да съди arXiv.org, изразена пред разследващ журналист на сп. „Нейчър“, не е известно това намерение да се е осъществило. Без съмнение едно дело и присъдата в него биха се следели с огромен интерес.

Изследването на плагиатството на С&Г далеч не е единственото такова и не е първото. Но то е уникално с мащаба, систематичността и пълнотата си. Основава се на специфичен, създаден от авторите сложен и ефективен алгоритъм за откриване на текстове, копирани от публикувани преди това статии. Използвайки го, те са изследвали приблизително 757000 статии, публикувани в същия този Архив от средата на 1991 г. до 2012 г. Публикациите са на автори физици, математици, на учени от компютърните науки и информатиката, на количествена биология, количествени финанси и статистика.

Резултатите са представени като емпирични кумулативни разпределения. От тях например може да се разбере, че съществуват около 200 хиляди двойки от статии, които имат поне един общ съавтор и в които около 17 изречения (виж по-долу пояснение как са определени тези числа) изцяло съвпадат. Броят на двойките статии със 17 съвпадащи изречения, които нямат общ съавтор, но поне едната е цитирала другата, е около 5000. А тези и без цитат са около 500. При двойно по-голям брой съвпадащи изречения (35), двойките статии са съответно 100 хиляди с общ съавтор, 2000 с цитат и 150 без цитат. С&Г са открили и двойки статии с 350 „общии“ изречения: около 400 двойки с общ автор, 60 с цитат и 2 двойки, които нямат и цитат помежду си. Ако трябва да споменем наистина смайващи находки, то десет двойки статии с поне един общ автор са с над 3500 общи изречения и пет без общ съавтор с 1400 общи изречения. На статистиката може да се погледне и от друга гледна точка като процент от „зае“ текст: до 10% „заемки“ се срещат в около 13% от всички статии, до 20% от текста в 7% статии, до 30% текст в 4% от статиите и така чак до 90% идентичен текст е идентифициран в 0.06% от всички статии.

Все пак може да се предположи, че нещата не са съвсем излезли извън контрол. С&Г допускат, че голяма част от тези, както те сполучливо наричат „рециклирани“, статии са обзори, дисертации и лекции. От общо 127270 автори, повече от 4% копиран собствен текст (т.е. от статии, на които са съавтори) имат само 51060 автори, 11860 на чужд текст, но цитиран, и 1010 на чужд и нецитиран. Откъм негативната страна, друго представено разпределение показва, че в Архива съществуват 1000 автори, при които в 60% от статиите съществува значително рециклиране на собствен текст. На същото ниво от 60%, но при рециклиране на чужд текст с цитиране, авторите са 100, и 10 автори не са намерили за необходимо изобщо да споменат откъде са изкопирали чуждия текст. Тези автори са определени като серийни преписвачи, отговорни за дебелиите опашки, които се наблюдават в разпределенията.

Интересно е да обърнем внимание на някои ключови моменти на методиката, въз основа на която е създаден алгоритъмът, използван от С&Г. В първоначалната си версия методиката е описана в детайли в по-ранната статия [3]. Текстът на всяка статия се разделя на поредици от k на брой думи – наричани k -грами. В статия от общо n думи очевидно съществуват $n-k+1$ на брой k -грами. Всяка k -грама се записва със собствен етикет (хаштаг) в индексирана база данни, като ѝ се приписва допълнителен индекс, който показва в коя статия е използвана. Броят на индексирани k -грами се редуцира

с помощта на друг алгоритъм, основаващ се на метода на плъзгащия се прозорец с дължина $t > k$ брой думи [4].

Чисто емпирично дължината на грамите е избрана да бъде $k=7$, което означава, че методиката пропуска копирани фрази с дължина шест думи и по-малко. Избор на по-къси грами би направил алгоритъма „по-чувствителен“, но води, на инженерен език, до по-високо ниво на „шума“. Отново емпирично е определена и дължината на прозореца на $t=12$ (което означава, че във всеки прозорец има шест 7-грами). За тези стойности на k и t методът на плъзгащия се прозорец редуцира броя на 7-грамите, които е необходимо да се запомнят с около 3.6 пъти. Така от общо приблизително 6 милиарда думи, съдържащи се във всички изследвани документи (33 Gb некомпесиран обем информация), се избират около 1.6 милиарда 7-грами, които да се сравняват за „заимствания“. Грубо 4% от тези хаштагове биват допълнително елиминирани, след като са идентифицирани като често повтарящи се. Пример за такава 7-грама, която очевидно не е плагиатство е „the rest of this article is organized“. Условието един хаштаг да попадне в категорията „стандартни“ е да се среща в четири или повече статии от независими (не цитиращи се помежду си) автори. За по-бързо търсене създадената база данни от k -грами с обем от 12 Gb се пази в RAM паметта на компютъра. Полезно е и да се отбележи, че средният брой думи в изречение, пресметнато върху цялата изследвана извадка на Архива, е 20, докато медианата е 18 думи. Въз основа на тези оценки са пресметнати резултатите, представени по-горе; в оригиналната статия разпределенията са представени в термини на 7-грами.

Възможно ли е да съществува автор с много публикации, който да не е сериен „преписвач“? С&Г ни дават пример на такъв, който за периода между януари 2000 г. и юни 2012 г. е публикувал 177 статии (средно 1.2 на месец), като само в 6 от тях е открито рециклиране и то единствено от собствени статии. Нещо повече – за да открият шестте заемки, на С&Г им се е наложило да изследват всичките му 217 статии.

Друг интересен аспект са представените насочени графи, характеризиращи отделните автори, наричани графи на „текстово припокриване“. В тези графи възлите са отделни статии, разположени по оста на времето в зависимост от момента на публикуването им. Собствените статии са представени като нецветени, а чуждите като оцветени възли. Връзка между два възела означава копиране в по-новата статия от по-старата. Дебелината на линията съответства на количеството копиран текст, а цветът показва дали „заемката“ е от собствена или чужда, цитирана или не статия. Очевидно колкото по-сложен и колоритен е графа на даден автор, толкова повече той или тя имат склонност да преписват.

Изследването отговаря и на най-важния въпрос. Може ли „продуктивност“, подпомагана от систематично преписване, да заблуди научната общност за качеството на работа на един автор? Като мярка за това е използван броят получени цитати. Отговорът най-общо казано е „не“. Като правило серийните преписвачи не се цитират много, но това е само статистическа тенденция и то далеч недобре изявена.

Накрая, каква е демографията по държави на авторите преписвачи? С&Г са използ-

вали следния критерий, за да локализируют страните с най-много преписани публикации: 15% от всички статии, публикувани от автори от дадена държава, да съдържат 20% и повече копиран текст. В тази „отличителна“ група попадат по азбучен ред: Бангладеш, България, Египет, Иран, Йордания, Казахстан, Кипър, Киргизстан, Колумбия, Латвия, Люксембург, Микронезия, Молдова, Пакистан, Саудитска Арабия и Узбекистан.

Джеф Брумфиел в коментара си в „Нейчър“ за турското масово „преписване“ цитира думите на бившия директор на Международния център по теоретична физика в Триест, Италия, Катепали Сринивасан: „Съществуват култури, при които плагиатството даже не се разглежда като нещо осъдително“. Нашата, българска култура, от тях ли е? Това, че в България плагиатството е широко разпространено не е новина. Още преди да излязат резултатите на С&Г, Съюзът на учените го е разпознал за такъв проблем, че му е отделило специална конференция и кръгла маса [5]. Многократно е обсъждано и в печатните издания, с поводи крупни скандали, като например този, свързан с ректора на Свищовската академия В. Адамов. Все по-ясна става и „стимулиращата роля“, която действащият Закон за развитие на академичния състав, печално известен като „Законът Игнатов“, играе за разпространението на плагиатството, виж например <http://ureport.bg/58366/2015/02/11/politika/bulgaria/professori-na-kilo-i-gugal-nauka/>. И нищо.

Литература

- [1] Daniel T. Citron and Paul Ginsparg, Patterns of Text Reuse in a Scientific Corpus, *Proc. Nat. Acad. of Sci. (PNAS)*, 2015 (to appear).
- [2] Geoff Brumfiel, Turkish physicists face accusations of plagiarism, *Nature*, vol. **449**, page 8, 2007.
- [3] D. Sorokina, Johannes Gehrke, Simeon Warner, and Paul Ginsparg, Plagiarism detection in arXiv, *Sixth International Conference on Data Mining*, (ICDM'06), Dec 2006, available at arxiv.org/abs/cs/0702012.
- [4] S. Schleimer, D. Wilkerson, and A. Aiken. Winnowing: Local Algorithms for Document Fingerprinting. In *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pages 76–85, June 2003. Implemented as an internet service “Moss: A System for Detecting Software Plagiarism“ at <http://theory.stanford.edu/~aiken/moss/>
- [5] Съюз на Учените в България, *Кръгла маса „Плагиатството в науката“*, Софийски университет, „Кирил Охридски“, 12 ноември, 2014 год. <http://www.usb-bg.org/Bg/SUB%20Round%20Table%20on%20Plagiarism%20in%20Science.pdf>

КАК СЕ ПРАВИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКА РАБОТА

М. Ф. Атия¹⁾



Нека поясня още от самото начало, че аз не нося отговорност за твърде плашещото заглавие на моята лекция. Изобщо не е ясно какво точно означава това заглавие, а има поне две тълкувания, които могат да му се дадат. Начинът, по който се прави изследването, може да означава, че става дума за *метода*, по който то се осъществява, а това води до извода, че става дума за някакъв вид изучаване на мисловните процеси, които протичат, когато математиците правят изследване. Като въпрос относно човешката психология той е много увлекателен и за него са писали мнозина известни математици, включително Адамар и Поанкаре. Предполагам, че Адамар²⁾ е препоръчвал своята практика да взима два горещи душа един след друг като начин за стимулиране на изследването, а Поанкаре³⁾, както изглежда, е стигал до най-добрите си идеи, качвайки се и слизайки от автобуси.

Другата интерпретация, която би могла да се даде, е свързана с *начина*, по който се осъществява изследването. Тук аз подразбирам описание на разнообразието от стилове в математиката – какво представлява математическото изследване и как то се тълкува от различни хора с различни възгледи. Тук, струва ми се, аз ще опитам да дам втората интерпретация – отчасти защото предполагам, че колегата ми Джон Хамързли ще избере да обсъди първата и поради това ще се припокрием до известна степен, а отчасти защото това е първата от лекциите на тази конференция и аз мисля, че не би било лоша идея да започнем с въпроса какво представлява математическото изследване, преди да преминем към обсъждането на различните негови аспекти.

Бих желал да продължа по следния път. Ще изброя цяла редица от алтернативи или контрастиращи аспекти на математическото изследване. Искам да изброя тези контрасти, с цел да ги обсъдя, а не за да заста на страната на един или друг. Ще се опитам да поддържам равновесие и да не допусна моите лични предпочитания да натежат прекалено силно.

Нека само да спомена, преди да съм започнал, че съществува едно важно деление – делението между чиста и приложна математика. Това е разграничение, което аз не разглеждам като рязко очертано, но все пак е удобно да се признава, че съществуват съществени различия между онова, с което се занимават математиците в областта на чистата математика, и математиците в областта на приложната математика, при все че тези две области до голяма степен се припокриват. Надявам се, че Джон Хамързли ще се погрижи за приложната част, така че онова, което аз ще разказвам, ще съдържа размислите на един чист математик.

Първото нещо, което искам да спомена, е алтернативата между решаването на задачи и теорията. Е, разбира се, ще трябва да се каже по нещо и за двете страни: иначе каква би била ползата от теория, която не решава задачи, и какво хубаво може да има в една безкрайна колекция от несвързани проблеми, колкото интересна да е поотделно всяка една от тях. Мисля, че вероятно ще трябва да гледаме на въпроса по следния начин: изхождате от някакви зададени проблеми, много от които произхождат от някакъв физически контекст, и с цел да решите някой от тях, на вас ще ви потрябва някаква остроумна идея, някакъв хитър трик. Ако това е достатъчно сполучлив трик и броят на проблемите от подобен тип е достатъчно голям, вие продължавате и развивате този трик до определена техника. Ако има достатъчно голям брой проблеми от този тип, вие тогава разполагате с метод и накрая, ако обхванат на решаваните проблеми е много широк, вие имате теория; това е процесът на еволюция от проблем до теория.

Но, разбира се, целта на теорията е не просто да обедини всички факти, които сме научили при решаването на проблемите. Ние трябва да помним, че математиката е човешка дейност, че целта на решаването на задачи и правенето на математика е във всички случаи да се предаде постигнатата информация на идните поколения. И тук ние не трябва да забравяме, че човешкият ум е краен и не може да усвои безкраен брой проблеми и всички да запомни. В действителност целта на теорията до голяма степен е да организира по системен начин опита от миналото по такъв начин, че идното поколение, нашите ученици и техните ученици и т.н. да са в състояние да усвоят съществените аспекти по възможно най-безболезнен начин, тъй като това е единственият начин, по който може да се изгражда кумулативно всеки един вид научна дейност, без да се стига до задънена улица. Трябва по някакъв начин да кондензираме нашия минал опит в лесно разбираема форма, защото именно това е основната цел на теорията. Тук бих могъл да цитирам какво е казал Поанкаре по този повод: „науката се изгражда с факти, така както къщата се гради с камъни, но съвкупността от факти сама по себе си не е наука, така както купчината камъни още не е къща“.

Следващият въпрос, който искам да засегна, е различието между формализъм и строгост. Тук отново се натъкваме на една много древна дихотомия в математиката. Във формалния тип математика ние правим нещата, без да се интересуваме особено много какво точно означават те, стига да ни водят до верния резултат. Може би ще кажете, че това става само в приложната математика, но не е точно така – според мен така става и в чистата математика. Разбира се, погледнато от историческа гледна точка, съществуват прочути примери за формален подход. Най-прочутият практик без съмнение е бил Ойлер, който, както добре знаем, е създал множество великолепни формули. Той „оценява“ такъв диво разходящ ред, какъвто е $\sum_{i=1}^{\infty} n_i$, като намира стойността $-1/12^{(4)}$. Едва след около един век става възможно да се припише точен смисъл на подобни формули. В други области ни е известна прочутата работа на Хевисайд, а по-късно и на Дирак, които разглеждат обобщени функции, поставени на строга основа едва сравнително неотдавна. Така че формалният подход към математиката е онзи, който

ни дава правилните резултати посредством някаква остроумна техника, и можем да продължаваме напред, без много да се безпокоим относно строгостта, надявайки се, че тя ще бъде постигната по-късно.

Сега бихте могли с право да запитате какво е толкова важно на строгостта? Някои от вас биха могли да дефинират строгостта като „rigor mortis“⁽⁵⁾ и да сметнат, че чистата математика ще включи дейността на хората, които наистина знаят как да получат отговорите. Тук отново трябва да наблегна, че математиката е човешка дейност и нашата цел е не само да откриваме разни неща, но и да предаваме нататък тази информация. А някой, подобен на Ойлер, който знае как да представи разходящия ред и да получи правилните отговори, трябва да има верния усет за това, което трябва да се направи и какво не трябва да се прави. Ойлер е имал интуиция, изградена от огромен по своето разнообразие опит, а този вид интуиция много трудно се предава. Така че следващото поколение ще дойде и няма да знае как се прави това, а смисълът на строгото математическо твърдение е такъв, че нещо, което е на първо място субективно и зависи твърде много от индивидуалната интуиция, става обективно и се поддава на предаване. Нямам абсолютно никакво желание да отричам предимствата на подобен вид интуиция, но искам единствено да подчертая, че за да може тя да се предаде на други хора, трябва в крайна сметка така да бъде представена, че да бъде еднозначна и да бъде разбираема за някой, който не притежава непременно същия вид прозрение като това на нейния създател. Извън това, разбира се, доколкото вас ви интересува определен кръг от проблеми, тогава вашата интуиция е твърде способна да ви доведе до правилния отговор, макар вие да не сте сигурни как да го аргументирате. Но когато преминавате към следващ етап на развитие и върху вече съществуващата структура започнете да изграждате по-сложен проблем, тогава става все по-наложително първоначално изградената основа да бъде по-надеждно изяснена. Така че нуждата от строга аргументация отново възниква, защото вие ще продължите да изграждате и ако основите ви не са надеждни, цялата структура ще бъде застрашена.

Следващата ми тема е различието между дълбочина и широчина в математиката. Под това аз разбирам, че вие можете да изучавате дадена конкретна област или задача много подробно, да навлизате все по-дълбоко в нея и все по-трудно да получавате резултати или да решите да се разпрострате много по-плитко в някаква широка област на математиката, така че да постигнете някакво разбиране от една обширна област, след което да видите какво бихте могли да развиете.

Нека да се спра за кратко върху относителните предимства на двете гледни точки и конкретно значението им за изследователската работа: дали е по-добре да се специализираме с много подробности в една област или да започнем, като се опитаме да придобием колкото е възможно по-широки знания, след което да опитаме самостоятелно да се придвижваме? Това, разбира се, е много трудно за вземане решение, а балансът се намира някъде между двете възможности. Ще опитам да опиша някои от капаните. Ако вие специализирате до висока степен в някаква област, да речем, поставяте си за цел да решите някой известен с трудността си проблем, каквато е на-

пример хипотезата на Риман⁶⁾, вие може да прекарате целия си живот в постигане и усъвършенстване на определена техника. Ако имате късмет, вие ще решите проблема и вероятно ще се прославите за вечни времена. Ако обаче нямате късмет, няма нищо да постигнете и това е много лошо. Опасностите от специализирането в една област се крият в това, че през този период от време проблемите могат да се окажат недостъпни и следователно вие наистина сте прахосали времето си или може да се окаже, че модата в математиката междувременно се е променила и това, което в началото е било важен и интересен проблем, по-късно, когато най-после сте го решили, да бъде сметнато за проблем от периферен интерес. Тогава вие решавате да промените вашата изследователска област, но, уви!, установявате, че вече е твърде късно.

Предимствата на стартирането по широк фронт са в това, че като млад учен ви е относително по-лесно да изучавате нови неща и ако започнете с усвояването на толкова широк фронт, колкото това може да е разумно, вие ще разполагате с голям запас, от който в бъдеще да се ползвате. Тъй като модата и проблемите в математиката се изменят, вие можете да опитате да се мените заедно с тях. Други обаче ще възразят, че важното нещо в математиката е да се решават проблеми и че цялата тази „широта“ е повърхностно занятие и вие трябва да се заемете сериозно с работа. Аргументът в полза на широтата се свежда до това, че същината на математиката до голяма степен представлява изкуството да се събират заедно неща, които на пръв поглед са твърде различни. В края на краищата математиката е окончателната абстракция в научните области и претендира да е приложима към широк кръг от явления. Тук вероятно пак ще мога да цитирам един малък параграф от Поанкаре, който според мен е подходящ за няколко от засегнатите от мен теми. Той казва: „математическите факти, които заслужават да бъдат изучавани, са онези, които поради сходството си с други факти могат да ни водят до опознаването на един математически закон – точно както експерименталните факти ни водят до знанието за един физически закон. Те са онези, които разкриват пред нас неочакваното сходство между различни факти, познати отдавна, но грешно смятани за чужди един на друг“. Събирането на силно различаващи се факти, извлечени или от експерименталните науки, или от дълбочините на самата математика, е съществена съставна част на математиката. Нужни са хора, които опитват да свържат различни части на математиката, така както са нужни онези, които се ограничават с една само област и се стремят да отидат напред в тази посока, колкото е възможно по-далеч.

Следващият вид дихотомия е свързан не толкова със съдържанието на математиката, колкото с начина, по който работят математиците, а именно дали те избират да работят самостоятелно или в сътрудничество с други. Тук също имаме големи различия. Някои хора просто не обичат или не са способни да сътрудничат с други математици. Те мислят най-добре, когато са сами, те пишат сами и това е техният начин на работа. Други предпочитат да вършат по-голямата част от работата си съвместно с колеги и на мен ми се струва, че в полза на този начин има много аргументи, а в бъдеще те ще станат още повече. На първо място, ако сътрудничите с други математици, вие значително увеличавате както използваната техника, така и кръга от математически

възгледи, които са ефикасни за който и да е проблем. Като се има предвид растящото разнообразие в математиката, много трудно е за когото и да било да се чувства добре във всички области, а тъй като, както вече казах, много от интересните проблеми възникват от взаимодействието между различни раздели на математиката, все по-силна става необходимостта математиците да се групират и да обединят възможностите си за обща атака в дадена област. Напълно ясно е, че никой няма да опита да събере математици с изцяло различни гледни точки. Нужни са хора, които по същество имат много общи неща помежду си, така че те да мислят по сходен начин и да споделят сходни симпатии, но все пак да се различават достатъчно много, за да създадат нещо индивидуално. А има и още едно предимство на сътрудничеството. Ако атакувате даден математически проблем фронтално, много често ще стигате до задънена улица – нищо от онова, което правите, не изглежда да води до положителен резултат, но вие усещате, че ако само надникнете иззад отсрещния ъгъл, там вероятно би могло да се намира някакво лесно решение. Изобщо не става дума някой да е около вас, тъй като той също може да наднича иззад ъгъла. Много често в математиката едно-единствено препятствие може да ви задържа с години; това може просто да е умствено блокиране – някаква глупава причина, поради която не сте смогнали да видите следващата стъпка, а човекът в съседство би могъл лесно да ви я посочи. Това е много често срещан и много полезен аспект на сътрудничеството; ние всички сме склонни да допускаме грешки и да се втурваме напред с незавършена аргументация. Много е полезно близо до вас да има някой, който може критично да проследи аргументите ви и да посочи техните недостатъци. Разбира се, винаги е по-лесно да намираме недостатъци в аргументите на другите, отколкото в нашите собствени аргументи!

Най-накрая, и това не би трябвало да се пренебрегва, факт е, че самоизолирането в самота е много болезнен начин да прекарате живота си. Математическото изследване е твърде напрегната дейност и според мен предимствата на сътрудничеството от човешка гледна точка са значителни. То помага процесът на математическото мислене да се направи значително по-приятен. След като казах тези неща в полза на сътрудничеството, признавам, че когато нещата опрат до критичния стадий на изследването, нищо не може да замени истински напрегнатото самостоятелно обмисляне.

Както вече казах, ако човек гледа към бъдещето на математиката, ако математиката изобщо има бъдеще, ще бъде твърде трудно да се предвиди в какво ще се превърне математиката след, да кажем, 500 години. При мощното ускорение на математическите изследвания, при огромното количество публикации, при растящата диверсификация как бихме могли да държим в едно цяло различните раздели на математиката? Изглежда неизбежно математиката все повече да се развива по пътищата на сътрудничеството.

Моето следващо сравнение е между математиката от периферията и математиката от главното направление. Математиката има нещо като сърцевина, нейните главни проблеми могат да се групират, да се пресеят и да се запазят важните. Главният поток е известен, но наред с него има множество притоци, множество странични потоци, които се вливат в него и го подхранват. Ние трябва да решим дали искаме да работим във възможно най-

централната част на математиката или да тръгнем по свой път и да търсим интересни нови области, които преди това никой не е виждал. Тук несъмнено отново ще са ни нужни и двата вида математици. Истинските първооткриватели са онези, които избират свой собствен път и решават, че не искат да се занимават с нищо, което е правено преди това. Те са готови да започнат от нулата, да разглеждат нещата от съвършено нов ъгъл, така че истински новите неща в математиката и истински новите области са създавани от пионерите, които са започнали по този начин. Наистина, опасността от такъв подход е, че успешните пионери са твърде малко, а неуспешните са значително повече. Ако си се заловил да копаяш за злато, един човек ще намери злато, но останалите няма да успеят. Затова ще трябва да признаем, че когато се отклоняваме от отъпканата пътека, ние вероятно може да сътворим някаква математика и, ако сме късметлии, тя ще бъде призната за огромен нов принос в математиката, обаче 99 процента от реакциите вероятно ще бъдат „да, много интересно, но това като че ли не води доникъде“. Така че ние ще трябва да опитаме късмета си, това е нещо като игра на комар – дали ще попаднем на истинско златно находище, а не просто на кал и камъни.

Обаче трудността да оставаме в главния поток на математиката е в това, че там са се трудили най-изтъкнати математици от миналото и поради това да се направи нещо ново в централното ядро на математиката е още по-трудно. Ако действително направите принос в тази област, то, тъй като това е главният поток, вашият принос ще бъде още по-значителен.

Накрая бих желал да противопоставя понятията „сила“ и „изящество“, отнесени към математическите аргументи. Всеки един от нас има някаква идея за това различие. Един мощен аргумент не се нуждае от изящество, това може да е факт на грубата сила, който успява благодарение на чистата сила, на техниката на булдозера – просто пориш земята и напредваш страница след страница, пълни с формули, това ти изглежда грозно – то наистина е грозно, – но то ни довежда до целта. А при елегантния подход може да ни се стори, че не е вложен никакъв труд – написани са няколко страници и хайде хоп – за всеобща изненада накрая изниква блестящ резултат.

Тук отново ще са ни нужни двата вида математика. Няма никакво съмнение, че много от резултатите са постигнати преди всичко с чисто груба сила. Някой много настойчив и упорит прави изчисления, без да го е грижа дали те имат изящен вид, и накрая получава отговора. Впоследствие други хора, впечатлени от този резултат, се вглеждат в него, опитват се да го разберат и накрая му съшиват дреха, в която да изглежда привлекателен и елегантен. Но това не е просто облекло за витрина, защото изяществото е критерий от такъв вид, който е твърде важен, ако искаме математиката да продължава като жива дейност. Ако искате други хора да разберат съществената част от един аргумент, той трябва по принцип да е прост и елегантен. Това са качества, които привличат най-лесно и са най-добре разбираеми за човешкия ум в контекста на математиката. Фактически Поанкаре разглежда простотата като водеща сила в математическата теория – сила, която ни кара да избираме една посока, а не друга. Така че изяществото е много важно и често то е ако не първо, то второ по значимост.

Мисля, че навярно съм казал неща, които по-късно други лектори на конференцията ще обсъдят. Съдейки по заглавието на лекцията на професор Пенроуз, очаквам този въпрос за изяществото да бъде развит по-подробно от него. Ако съм прав, ние също така ще чуем лекция относно проблемите на математическата комуникация; струва ми се, че много от нещата, които аз обсъдих, в широк смисъл са свързани с тези въпроси. Математическата комуникация се отнася, на първо място, до публикуването в математически списания, а също така как да пишем и как да четем математика. Но в един по-широк смисъл това е въпросът как математиката се предава както на нашите съвременници, така и на идните поколения, с оглед математиката да бъде неспирна човешка дейност. Ако математиката ще продължи да се развива, то нейният теоретичен аспект ще трябва да остане като много силен и ефикасен неин раздел даже ако нас най-много ни интересува развитието на техника за решаването на задачи. Ако искате тази техника да бъде представена по начин, който следващите поколения математици да могат да разберат, тогава двата аспекта трябва да бъдат събрани заедно, така че да станат както прости, така и разбираеми за всеки студент-първокурсник. В края на краищата нали тъкмо това е нашата цел – анализът – това велико творение на Нютон и Лайбниц, което ние днес преподаваме на 14-годишните. Айнщайновата теория на относителността се преподава на студенти от началните курсове, а вероятно и на ученици от последната година на гимназията и т.н. Най-трудната математика на нашите предшественици е дестилирана по такъв начин, че да може да се преподава на математици в много ранна възраст, а това е единственият начин, по който можем да компримираме целия си математически опит във вид, който нашите наследници да погълнат и да продължат. Мисля, че това е основната тема на моята лекция и трябва да се извиня, ако не съм казал достатъчно много за умствените процеси, за очарователния въпрос относно това как ни идват идеите, дали горещата вана или скачането на и от автобусното стъпало са най-добрите начини да бъдем стимулирани. Но аз смятам, че също така е важно да признаем голямото разнообразие от математически способности и от начини за решаване на задачи или от математически теории. Вие не трябва да смятате, че всички математици се опитват да вършат едни и същи неща; те могат да работят в една и съща област на математиката, но това не означава, че работят по един и същ начин. Съществува огромен брой типове математици и ние се нуждаем от всеки един от тях.

Бележки на преводача

1) Майкъл Атия е роден през 1929 г. в Лондон в семейството на ливанския учен Едуард Атия и шотландката Джийн Левънс. Той е нещо като папата на английските математици. Носител е на Филдсов медал (заедно със Зингер – за теоремата на индекса) и на премията „Абел“, бил е президент на Кралското общество (тяхната академия на науките). Любознателният читател би могъл да намери още много за него в Интернет.

2) J. Hadamard, *The Psychology of invention in the mathematical field*. Princeton Univ. Press, 1945.

3) Н. Poincaré, *Science et méthode*. Paris; Flammarion, 1908 (руски превод: Анри Пуанкаре, *О НАУКЕ, Наука и метод*; М. „Наука“, 1983, с. 313-314).

4) Оценката на Ойлер за дзета-функцията (вж. тук т. 6):

Риман извежда функционалното уравнение

$$\zeta(z) = 2^z \pi^{z-1} \sin(\pi z/2) \Gamma(1-z) \zeta(1-z),$$

което при $z = -1$ има вида:

$$\zeta(-1) = (1/2\pi^2) \sin(-\pi/2) \Gamma(2) \zeta(2).$$

Ойлер е сметнал $\zeta(2) = \pi^2/6$. Като използваме, че $\Gamma(n+1) = n!$ и значи $\Gamma(2) = 1$, а $\sin(-\pi/2) = -1$, получаваме $\zeta(-1) = -1/12$.

Регуляризацията на разходящи редове чрез аналитичното продължение на дзета-функцията се използва в квантовата теория на полето.

5) *Rigor mortis* (лат.) – вцепеняване след смъртта.

6) *Хипотеза на Риман*. Важната за теорията на числата дзета-функция се определя като безкрайната сума: $\zeta(z) = 1^{-z} + 2^{-z} + 3^{-z} + \dots$, която клони към аналитичната функция $\zeta(z)$, когато реалната част на z е по-голяма от 1. При изключена стойност $z = 1$ аналитичното продължение на $\zeta(z)$ е еднозначно върху цялата комплексна равнина. Доказва се, че реалните нули на $\zeta(z)$ са при $z = -2, -4, -6, \dots$. Според хипотезата на Риман всички останали нули лежат върху линията $\text{Re}(z) = 1/2$.

NB. Преводачът благодари на акад. Иван Тодоров за консултацията при съставянето на горните пояснителни бележки и на проф. Ст. Димиев за предоставянето на текста на тази лекция.

(M.F. Atiyah, *How Research is Carried Out*. Bull. IMA **10** (1974), 232-4)

Превод: М. Бушев

ПРИРОДО-МАТЕМАТИЧЕСКИТЕ НАУКИ И УЧЕНИЦИТЕ СЪС ЗРИТЕЛНИ ЗАТРУДНЕНИЯ

М. Замфиров

Увод

Природните науки – Човекът и природата, Физика и астрономия, Химия и опазване на околната среда и Биология и здравно образование – традиционно в България, а и по света (известни под общото наименование Science), се считат за „трудни“ предмети за учениците. И ако те са „трудни“ за учениците без нарушения, то какво можем да кажем за слепите ученици?

Обучението по природни науки включва процеси като наблюдение, обобщаване, общуване, класифициране, измерване, формулиране, обединяване, изказване на хипотези и експериментиране. Незрящите хора мислят и описват явленията съобразно собствения сензорен опит, а не запаметяват предадените им от околните зрителни описания на явленията. Това представлява известна трудност при обучението им по природни науки, които в голяма степен зависят от наблюдението.

Разбира се, има немалко примери със слепи учени, достигнали резултати в науката, които са непостижими за мнозина зрящи такива. Например световноизвестният математик Лев Понтрягин (доктор на физико-математическите науки, професор от 1935 г., академик от 1958 г.) или Кент Кулърс – първият слеп астрофизик в света (дотогава е известен, че става прототип на героя Кент във филма „Контакт“). Но за да станат учени от такава величина, е необходима сериозна работа още от ранна детска възраст, голяма подкрепа в училище и подкрепящи механизми, които да развият мисленето и въображението на слепите ученици. А това не е лесно, но пък ако се подходи внимателно, резултатите могат да бъдат учудващо добри. Това е така, понеже самото мислене на слепите следва различен алгоритъм, в сравнение със зрящите си съученици. Например Лев Понтрягин като студент в Математическия факултет на Московския държавен университет само е слушал, но не е записвал по никакъв начин лекциите. Неговият принцип на учене е бил да изслуша внимателно лекцията, да я запомни и в къщи да я премисли (<http://zari-bg.net/feature/453.html>). Този принцип е изисквал развиването на памет и поддържането на воля, които процеси не са механично дадени, а подлежат на непрестанно развиване.

Нарушения (зрителни) и деформации (топологични)...

Слепият математик Б. Морен отбелязва, че на зрящите ученици и студенти обикновено се преподава по такъв начин, че когато мислят за пресичането на две равнини, те виждат равнините като двумерни образи, нарисувани върху лист хартия (George & Morin, 1979). За тях геометрията са тези образи. Те нямат никаква идея за равнини, съществуващи в естественото им пространство, казва Морен (Sossinski, 1999). Тъй като незрящите студенти не използват чертежи, то за тях е естествено да мислят за равнините по абстрактен начин (Гроздев & Петрова 2014).

Б. Морен смята, че има два вида математическо въображение. Единият вид, който той нарича „подобен на времето“, се занимава с информацията чрез преминаване през поредица от стъпки. Това е видът въображение, което позволява да се извършват дълги изчисления. *Никога не съм бил добър в изчисленията*, отбелязва Морен, *а слепотата задълбочава тази трудност* (Sossinski, 1999). Това, в което той изпъква, е друг вид въображение, което нарича *подобие на пространство* и което дава възможност на човека да разбере цялата информация наведнъж.

В този смисъл не е случайно, че мнозина слепи учени, сред които Понтрягин или Морен, са работели или работят в областта на топологията.

Съществува специфична връзка, която се отчита при възприемането на света от слепия и характеристиките на топологично неразличимите фигури. Например миризмата не може да се изрази количествено, не се дава с число външният облик на тялото, но топологията е намерила начини за количествено изучаване на някои качествени понятия, като например формите на различните тела. Преди всичко трябва да се класифицират телата по техните конфигурации, т.е. кои фигури смятаме за топологично еднакви. Ако чрез деформация една фигура се свежда към друга без каквито и да е разкъсвания, разрези и слепвания, двете фигури са топологично неразличими. Една топка сурова глина може да претърпи на грънчарското колело редица изменения, в които топологът не би видял смяна на формата. Ако натиснем с длан глинената топка отгоре, ще получим вместо кълбо елипсоид. Ако пък натиснем в средата с пръсти и разширим постепенно оформилата се вдлъбнатина, можем да направим чаша. Изтегляйки стените ѝ, ще я превърнем в кана, на която дори можем да издърпаме чучурче. За тополозите всичко това е една и съща фигура. Но ако сега откъснем парченце глина и я залепим за каната като дръжка, ще получим абсолютно нова топологична фигура. Всъщност направили сме наведнъж две забранени операции – откъснали сме материал, а след това сме го залепили на друго място (Тяпкин & Шибанов 1984).

Топологията характеризира геометричните тела само чрез свойства, които не се изменят при произволни преобразувания, с единственото условие да не се извършват разкъсвания и слепвания. Ето защо нито ъгловите, нито линейните размери на телата спадат към топологичните свойства. Затова пък свойството на фигурата да бъде едно цяло или пък да се състои от определен брой отделни парчета е топологично. Например, за да направим от „осмицата“ „две нули“ или обратно, ще ни се наложи или да разкъсаме едната фигура, или да слепим другите две. Размерността на фигурата е също топологичен признак. Без едновременното слепване на много точки тримерният куб няма как да се превърне в двумерен квадрат.

Точно тук се намира и предимството на един сляп математик – пространствените способности на слепия човек се основават на мозъка, който анализира информацията, получена чрез усещането за допир и чрез слуха, докато пространствените способности на зрящия човек се основават на мозъка, който анализира двумерно изображение, което се проектира върху ретината от триизмерния ни свят (Замфиоров, 2012).

И в двата случая мозъкът създава гъвкави методи на пространствено представяне

на базата на информация от сетивата. Сосински (Sossinski, 1999) отбелязва, че проучванията на слепи хора, които са възвърнали зрението си, показват, че способността да се възприемат някои основни топологични структури, като например колко дупки има даден предмет, е вероятно вродена. *Така че един сляп човек, който е възстановил зрението си, в началото не може да направи разлика между квадрат и кръг*, пише Сосински. *Той просто вижда тяхната топологична равностойност. От друга страна, той веднага забелязва, че торът не е сфера*. (Sossinski 1999)

Сферата и торът са добър пример на съществено различни топологични повърхнини. И има топологично свойство, по което те се различават: ако по повърхността на сферата – например по повърхността на топка, нанесем произволна затворена линия и срежем по нея тялото, то неизбежно ще се разпадне на две части. Но направим ли затворен разрез (дори по „екватора“) на един надуваем спасителен пояс, неговата тороидна повърхнина ще си остане цяла. (Тяпкин & Шибанов, 1984)

С точно този вид математически дейности, обикновено затрудняващи виждащите хора, един сляп математик добива предимство пред зрящия – успешното търсене на характеристики на геометричните форми, които не се менят при разрешените в топологията преобразувания и които по тази причина се наричат топологични инварианти.

Сосински отбелязва също, че зрящите хора понякога имат и погрешни схващания за триизмерното пространство, поради несъответстващата и подвеждаща двумерна проекция върху ретината. *Слепият човек (чрез другите си сетива) има недеформирана тримерна интуиция за пространство*, казва той (Sossinski 1999).

Много интересни са и представите на световноизвестната сляпоглуха Олга Скороходова. Тя подробно описва своите представи въз основа на осезателните и обонятелните усещания.

В описанието си за Млечния път пише следното: *„Знам какво е Млечният път, но съвсем не си го представям такъв, какъвто го приемат зрящите. Когато чета книги за Млечния път, си представям, че високо-високо над земята, във въздуха, е разпротрян много дълъг, но не и широк най-тънък, нежен и светъл тюл — нещо като воал. Не знам колко е красив този Млечен път, но ми се струва, че след като тюлтът е светъл, а фонът на небето е тъмносин, това сигурно е красиво. От зрящите съм чувала за такова съчетание на цветовете*.

Когато чета: „Млечният път се белееше“, отначало си представям мляко, усещам вкуса му в устата си, тъй като думата „млечен“ ми напомня „мляко“. От зрящите знам, че млякото е бяло, следователно тюлтът, който си представям като Млечния път, също трябва да бъде бял, или поне някакъв друг светъл цвят, близък до белия“. (Скороходова, 1981)

Стратегии, подходи, методи, обучение

Човекът и природата като предмет в българските училища беше въведен преди около десетина години. Той представлява по своята същност интегрален предмет, състоящ се от три части – физика, химия и биология. Предметът се изучава от 3. до 6. клас и в немалка степен е предизвикателство за всички ученици.

Това е така, понеже природните науки са тясно свързани с абстрактни понятия, които трябва да се възприемат от незрящите само по словесно описание. Броят абстрактни понятия за зрящите ученици е голям, но той е още по-голям за незрящите, но най-важните характеристики са едни и същи.

Например, магнезият гори с ярък пламък и след изгарянето му остава бял прах. Възприемането на обяснението на това явление от всички учащи изисква наличието на определена доза въображение от тяхна страна, за да го осмислят пълноценно, а именно, че то е в резултат от обмяна на електрони сред атоми. Всеки ученик, независимо дали е зрящ или не, среща трудности при разбирането на триизмерната структура на молекулите. Химията изучава природата на атомите и молекулите, начините, по които си взаимодействат, и промените, които настъпват като следствие от тяхното взаимодействие. Молекулната структура е много важна за разбирането на тези базисни понятия (Henderson, 1965).

Например водата е в основата на живота на земята и доминира химическото съединение на всички организми. Уникалните свойства на водата се дължат на нейните атомна структура и връзки, както и на свързването на водните молекули в трите ѝ състояния – течено, твърдо и газообразно.

Защо ледът плава? Защо ледът е с по-малка плътност от водата в течено състояние? За да разберат физическите свойства на водата, учениците трябва първо да разберат молекулната структура на водата. Тази задача е толкова трудна за незрящ ученик, колкото и за зрящ. Всъщност, незрящ ученик се справя поне толкова добре, ако не и по-добре, колкото зрящ, при разбирането на атомната структура. Използването на молекулните модели е много важно при обучението на всички ученици. Незрящият ученик се ползва с известно предимство тук. Тъй като той никога не е виждал двуизмерната структура на молекулата, представена върху хартия, той „вижда“ само триизмерния модел, когато го държи в ръце. Той няма с какво да го обърка, тъй като триизмерният модел е единственият, който е „виждал“. Често срещан въпрос по време на лабораторна работа е „Какъв цвят е?“. Въпреки че незрящият ученик не може да види промяната в цвета, остава важно да е разбрал теорията, която стои зад нея (Crawford, 1992).

Незрящият ученик в час по химия трябва да запомни цвятите реакции като тест за разграничаване на киселини от основи или различния цвят на пламъка при различни химични елементи. Самите цветове може и да са лишени от смисъл за незрящия ученик, но понятието за реакцията е много важно.

При интегрирана среда учителят може да акцентира върху специалните образователни потребности на незрящия ученик (като използва съответните методи в процеса на преподаването), като същевременно това стимулира останалите ученици да използват повече другите си сетива. Това не изисква промяна в съдържанието, а само пренасочване на акцента. Например, киселините карат содата бикарбонат да шупти. Шуптенето може да бъде както видяно и чуто, така и да бъде усетено (създаденото налягане на газа), ако ученикът постави палеца си върху отвора на използвания за експеримента съд. Незрящите ученици не срещат никакви трудности при разпозна-

ването на газове, които издават мирис или звук (пукат) като хлор или водород или на отличаващи се течности като амоняк.

Кристалите, ако са достатъчно големи, имат ясно различима форма. Някои киселини, които са сравнително безопасни, могат да бъдат опитвани – например оцетна или лимонена киселини. Научаването символите на атомите и йоните е еднакво лесно за зрящите и незрящите ученици.

Обучението по природни науки трябва да включва основите на физиката, което осигурява на учениците възможности да анализират и оценяват съответните обществени идеи.

Физиката е в основата на почти всички науки: в различни области като музика, авиация и здравни науки, дори в области от свободното време като фотография и плаване. Някои области от учебната програма по физика могат да се представят на учениците със зрителни затруднения със сравнително малко усилия.

Съществуват обаче и други области, които определено представляват предизвикателство за учителя на слабовиждащ или слеп ученик. В следващите редове се описват някои подходи, които биха били полезни в това начинание:

– Звук и енергия: може да се възпроизведе звук с камертон и да бъде поставен в чаша, пълна с вода. Това показва, че звукът е форма на енергия, тъй като водата се раздвижва.

– Магнити: вместо традиционно използваните железни стърготини за демонстриране на магнитното поле на постоянен магнит, те могат да се заместят и отбележат с тел, която след това може да се напръска с два или три слоя лак, за да не се размества.

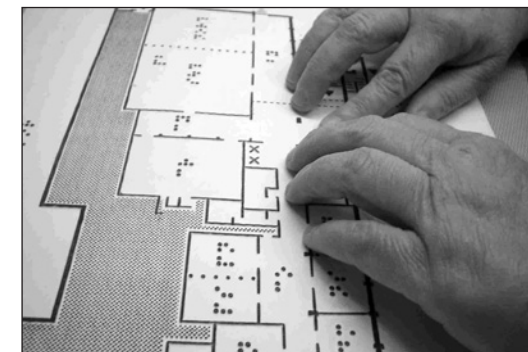
– За демонстрация на свойствата на магнитите, ориентирани се по полюсите на Земята, е добре да се използва брайлов компас. Така слепият ученик може да усети въртенето на пръчковидния магнит по посока полюсите на Земята.

– Тактилни диаграми: използват се във всички области от учебната програма по физика, като тактилните графични дъски са много полезни за темите, в които се преподават понятията скорост и ускорение.

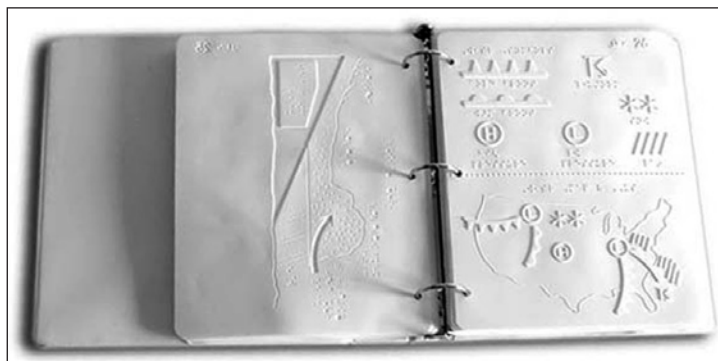
Тактилните диаграми и графични дъски са полезни и това не е чудно, по-



Брайлов компас от преди 90 години, подходящ за демонстрация в училище



Тактилна схема



Тактилна диаграма

неже слепият човек не получава основната си информация за околния свят чрез зрението. За разлика от зрящия, който използва зрението си за опознаване на формата, големината, положението на обкръжаващите го предмети и по този начин не развива способностите ръцете му да дават тези познания, то

за слепия тяхното развиване е абсолютна необходимост. Подходящо е зрителното четене на графики при зрително затруднени ученици да се замени с тактилно разчитане на релефни изображения (Петрова 2014).

Разбира се, тактилната информация не е толкова прецизна, колкото визуалната, но пък е по-сигурна, понеже се получава чрез пряк телесен контакт, а не от разстояние, както е при зрението и слуха.

При тактилната информация се използва брайловата азбука (релефноточково писмо).

Релефноточковото писмо е изградено върху всички възможни комбинации от 6 релефни точки, разположени в 2 вертикални колонки от по 3 точки. Използвайки общо 63 комбинации, Луи Брайл (1809-1852) разработва букви, математическа система, нотна система и всички останали символи на писмената реч, включително и физиката, химията и математиката.

Независимо от това, трудностите остават, понеже поради своя релефен характер и по-големите знаци традиционният брайл има голям обем, редната четивна скорост на използващите брайл е от два до три пъти по-ниска от тази на виждащите и накрая *брайловото писмо е лесно за усвояване, но трудно за използване*. Овладяването на брайловите букви не представлява трудност за зрително затруднените и още по-малко за виждащите, но неговото използване като средство за тактилно четене е проблем.

Например изразът $\frac{220\text{ V}}{440\ \Omega} = 0,5\text{ A}$ ще има следния брайлов запис:

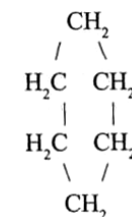


Не по-различно стои въпросът и с брайловия запис на химични формули, най-вече на структурните формули на дадени химични съединения.

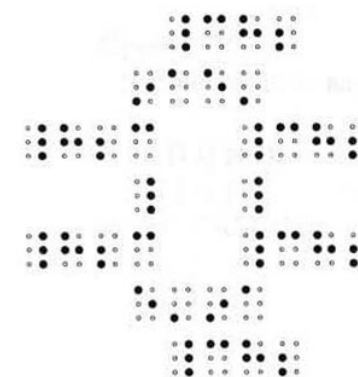
Поради сложността и обема на брайла по химия, както и поради твърде времеемкия процес, химичните уравнения и структурни диаграми са трудни за представяне на брайл. Много малко хора използват „химичния“ брайл и той е непознат на учениците

до достигането им в единадесети клас. Поради тази причина трябва да се отдели съответното време с незрящия ученик, който се опитва да научи този нов и труден код.

Например структурната формула на циклохексан C_6H_{12} традиционно се изобразява така:



Но брайловият запис далеч не изглежда толкова лесен за възприемане от слепите (Каменска-Донкова, 2005):



Разбира се, в обучението по природни науки на слепи или зрително затруднени ученици не се акцентира само на брайлово обучение. В съвременния цифров свят, където през месец се анонсират нови и нови високотехнологични разработки, няма как това да не окаже влияние и при преподаването. В повечето напреднали страни учениците водят записките си предимно на лаптопи, а слабовиждащите ученици използват дигитални увеличители, за да уголемят текста, който четат.

Слепите ученици могат да сканират текста, който след това може да бъде или прочетен със синтетична реч, или да бъде представен на брайл с помощта на брайлов дисплей.

Естествено е учителите да се опитват да представят на незрящите ученици визуалните характеристики на изучаваното чрез другите им сетива – предимно слухово и тактилно. Във всички природни науки се използват сходни средства, но при физиката и химията се изисква най-комплексна адаптация на информацията.

За зрително затруднени ученици може да се използват камери със специална оптика, която предава експериментите на компютърните екрани на учениците в детайли. По този начин учениците с нарушено зрение могат да увеличават мащаба на провеждания от учителя или някой от учениците експеримент до степен, в която всяка подробност и елемент са видими.

Заклучение

В заключение ще изтъкнем, че независимо от трудностите, пред които се изправят незрящите хора у нас, в частност и по отношение на навлизането в света на физиката и математиката, в нашата страна също се срещат слепи учени. Например Пенка Атанасова години е работила в Института по механика на БАН, учителите по математика в двете училища за деца с нарушено зрение във Варна и София д-р Елиза Петрова и Етиен Тодоров, които също са хора с нарушено зрение. Всичко това показва, че не съществуват реални ограничения за човешките възможности. Границите се намират само в съзнанието ни и те, а не физическите или менталните нарушения, поставят непреодолими бариери пред хора, които са таланти, могат да реализират изумителни постижения и имат дарба в трудни и абстрактни области на познанието като математиката, която за мнозина от „нормалните“ и „здравите“ хора е недостижима.

Литература

1. Грозев, С. & Петрова, Е. (2013). Върху преподаването на математика на ученици със зрителни увреждания, Математика и информатика, т. 56, 4, 314-316.
2. Замфиров, М. (2012) Приносът на слепите математици в алгебрата и геометрията, Годишник на Софийския университет „Св. Климент Охридски“, Факултет по начална и предучилищна педагогика, т. 104, 57-66.
3. Каменска-Донкова, Р. (съставител) (2005). Система на брайловите знаци в България. София.
4. Петрова, Е (2014). Формиране на математически умения у ученици 1.–4. клас с увредено зрение. Автореферат на дисертационен труд. Пловдив.
5. Скороходова, О. (1981). Живот без звук и светлина. София.
6. Тяпкин, А. и А. Шибанов (1984). Поанкаре. София: Наука и изкуство.
7. Crawford, J. (1992) Teaching science to the blind. Open Access Dissertations and Theses. Paper 5983.
8. George, K. & B. Morin (1979). Arnold Shapiro's eversion of the sphere. Mathematical Intelligencer, 4, 145-147.
9. Henderson, D. (1965). Laboratory methods in physics for the blind Pittsburgh Univ., PA.
10. Sossinski, A. (1999) Noeuds: Genese d'une Theorie Mathematique. Paris: Editions du Seuil, 1999.
11. <http://zari-bg.net/feature/453.html>.

ПРИСТРАСТЕН ОТЗИВ (ЕСЕ ЗА ЕСЕТАТА НА ИВАН ТОДОРОВ)

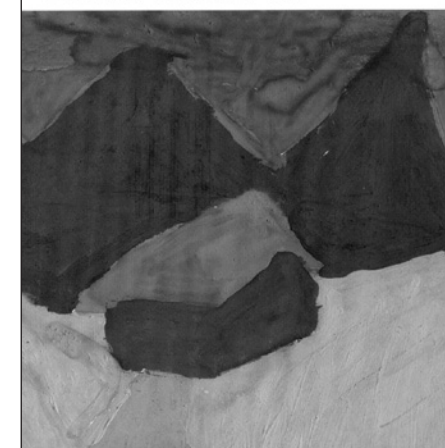
Н. Ахабабян

След като през октомври 2013 година Секторът по Теоретична физика на ИЯИЯЕ при БАН отбеляза скромно, но напълно подобаващо – с поредната сбирка на семинара, наричан „семинара на проф. Ив. Тодоров“ [1] – неговия 80-годишен рожден ден, аз предпазливо му предложих да отбележим събитието и в „Светът на физиката“. Още повече, след като толкова години списанието се крепеше на неговата морална поддръжка и ежегодни забележителни текстове, с които списващите „Светът на физиката“, се гордеем. Обаче той предпочете това да стане, ако толкова настояваме, с отпечатване на последната статия, която беше подготвил (вж. кн. 1 на СФ от 2014 г.), в очакване на появата на сборника с негови работи, който се печеше във фурната на издателството на Софийския университет. И ето, че след близо година доживяхме и до това.

Заглавието на сборника „Наука, личности, преживяно“ съвсем точно съответства на съдържанието. Такива текстове попадат, естествено, в широкия спектър на литературния жанр „есе“ – разсъждения по повод на конкретни факти или личности до абстрактно-универсални теми, от събития, свързани с лично автобиографичен характер на твореца до значими научно-изследователски теми. В случая „героите“ на книгата в голямата си част са изяви учени-физици от XX век, творци с безспорни научни приноси, изградили основите и лицето на съвременната физика – нестандартни личности с интересни, често драматични жизнени съдби (ако въобще понятието стандарт е приложимо за тази категория хора). Личности с необуздана фаустовска страст към откривателство и завоевания на нови територии на човешкото познание. Достатъчно е да споменем имената само на някои от тях – Галилей, Айнщайн и Хилберт, Манин и Дайсън, Дирак, Крамерс и Хайзенберг, Болцман, Поанкаре, Галоа, Гьодел, Гротендик, Йордан, за да разберем за какво става дума. Но едва ли без въждеденията и творческите постижения на най-изявените личности може да бъде разбрана и същността на цялата епоха: не може да се отмени динамиката и борбата за утвърждаване на ценностите на дадената епоха без съдбата на отделните индивидуалности, психологичните особености и етиката на отделния творец, както и заедно с успехите и

Наука, личности,
преживяно

ИВАН ТОДОРОВ



заблужденията, и нерядко драматичните им жизнени траектории. Статиите, свързани с идеята за симетриите в класическата и квантова физика, супер-струнните алтернативи на съвременната теория на полето, проблемите за геометризация на физиката, търсенето на единна теория отразяват съществени, „бифуркационни“, бих казал, моменти от развитието на съвременната физика. А текстовете, свързани с тъжното начало и проблемите на образованието у нас, разкриват обществените позиции на автора. А трагично преживяното само наглежда за емоционалната атмосфера, в която са работени част от есетата – „под сянката на черното крило на безвъзвратното“ (Ролан Барт).

Всъщност, при избора на тема и нейното разработване винаги се разкрива и същността на автора. Разбира се, всеки изследовател работи в съответствие със собствената си мисловна система и със школата, към която принадлежи. И колкото и да се стреми (да претендира) към „обективност“, зад образа на скицирания творец прозира личността на автора – като се почне от избора на личността, йерархията на споделяните ценности, до детайли. Авторът не говори като частен, затворен в себе си субект: той винаги се намира в жива общност с нейната историческа действителност. Но колкото и да са лични и субективни такива текстове, верен на своя научен позитивизъм, академик Ив. Тодоров се придържа стриктно към документираната жизнена фактология и признати научни приноси. Без излишни усилия за биографично проникновение: творческите постижения разкриват и характеризират личността на учения. При Иван Тодоров оригиналният творчески принос на учения доминира над житейските събития в живота му. Без прилагателни, но не и без да отмине деликатно и лаконично да намекне за драматични, сенчести или нелицеприятни моменти от жизнената траектория на твореца.

Тези текстове, „писани за неспециализирана аудитория“, както отбелязва сам авторът, са работени като „почивка“ между разработваните значими конкретни научни изследвания от областта на теоретичната и математична физика, с които е известен акад. Ив. Тодоров [2], но са работени със същото задълбочено изучаване на материала, оригиналност на подхода и имат безспорен принос към разглежданата тема. Заслужава специално да отбележа скрупулوزното цитиране на източници и позовавания, а обстоятени бележки, които като разклоняващи се вериги допълват основния текст и могат да послужат отлично за по-нататъшни интересни проучвания.

Винаги, когато чета текстовете на Ив. Тодоров, се сещам за есетата на Фрийман Дайсън в New-York Review of Books: да се кажат важни свои неща, вземайки за повод конкретни значими събития [3]. Но трябва да си на нивото на нобеловите лауреати по физика като Дайсън, за да пишеш есета като Дайсън; трябва да си на нивото на учен като Иван Тодоров, за да пишеш такива текстове като събраните в тази книга. И моля Господ Бог, Фрийман Дайсън и Иван Тодоров да ми простят, че аз си позволявам да се произнасям за тях...

И през ум не ми минава да правя разбор на сборника – искам само с радост да отбележа, че появяването им представлява значим принос в „проекта на Просвещението“. За онези, които са имали късмета да четат тези текстове, хронологично, с ежегодното

им появяване в „Светът на физиката“, искам да посоча, че сега, събрани заедно, поради кохерентността им, те интерферират положително и създават една панорама на епохата и бележитите личности, изграждали съвременната наука. А на онези, които през годините са пропуснали тези текстове, но които, освен от собствения си живот се интересуват и вълнуват от (често) драматичния живот и творческите приноси на други гениални личности, сега имат шанса да се запознаят с тях, поднесени накуп. Но бих препоръчал – внимателно, на „умосмилаеми хапки“!

И накрая, не мога да се въздържа и да не приведа (част) от цитат на цитирания от Иван Тодоров световноизвестен математик, голям руски интелектуалец (и негов приятел) Ю. И. Манин: „Целият ни интелектуален живот се върти около това, което почнах да наричам проект на Просвещението. Неговото основно предположение се съдържа във вярата, че човешкият разум има висша ценност, а разпространението на науката и на просвещението сами по себе си неминуемо ще доведат до това, че по-добри от нас хора ще живеят в по-добро от нашето общество“. Краят на пасажа, към който аз се присъединявам с наведена глава, можете да прочетете в „Наука, личности, преживяно“.

Бележки

[1] Заслужава да се отбележи, че темата на тази сбирка беше „Последни постижения на струнните теории“, изнесен от неотдавна защитилата PhD в престижен университет в САЩ наша млада сътрудничка. Едно направление в модерната теоретична физика, което не се посреща с особен възторг от проф. Ив. Тодоров, което той беше изразил и в обширна статия в „Светът на физиката“ (кн.2, 2004). Всички, които го познават, знаят колко взискателен, последователен и безкомпромисен е той, когато става дума за междуличностни отношения и научна честност, и едновременно – толерантен, когато става дума за избор на научна тема или проблематика.

[2] I. Todorov, Fifty Years of Mathematical Physics, 1958-2008. Scientific Papers, V.1,2. Ed. V. Dobrev, A. Ganchev, Heron Press, Sofia-MMVIII.

[3] Щом вече съм помолил за прошка, ще доведа нахалството си докрай. Не само за да изтъкна колко много и какви хубави текстове на Дайсън сме публикували през годините в „Светът на физиката“, но и да намекна („дебело да заостря“, както беше казал навремето един наш войнстващ философ-марксист) – ще се намери ли издателство, което да събере в един том поне прекрасно преведените вече негови текстове? А и защо не и с добавени нови от богатия арсенал на Дайсън? А защо не този сборник да послужи за начало на една такава поредица – от стойностни текстове на наши автори и забележителни преводни биографични или мемоарни книги на велики творци. Прегледът на вече публикуваните много години в „Светът на физиката“ материали в рубриката „Четиво с продължение“ би спомогнало много в това направление...

ТРИ ДНИ ПЛОВДИВСКИЯТ УНИВЕРСИТЕТ БЕШЕ НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР НА ФИЗИКАТА

**Проф. д-р Теменужка Йовчева
и гл. ас. д-р Гинка Ексер**

За пореден път Пловдивският университет „Паисий Хилендарски“ отвори врати за провеждането на значим национален форум. Този път университетът ни стана домакин на **НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКА**, 10-12 октомври 2014 г. Главен организатор на конференцията беше Физическият факултет на Пловдивския университет със съорганизатори Съюзът на физиците в България – клонове София и Пловдив. Ценна подкрепа беше получена от община Пловдив, а представители на различни фирми и организации – КЦМ 2000 АД, Агенция за ядрено регулиране, Херикс ООД, ЛабТрейд ВиА ООД и издателска къща Анупис – станаха наши спомоществатели.

Проведеният научен форум беше от изключително значение за общността на физиците от цяла България, тъй като подобно по мащаб и всеобхватност научно събитие не е организирано от далечната 1976 година. Необходимостта от такава научна изява се оформи преди година, през 2013 г., по време на 2-рия Конгрес на физиците, където бяха направени и основните изводи за състоянието и нуждите на физическата общност в страната ни.



Официално откриване на конференцията

Стоянов (заместник кмет на община Пловдив по дейност „Култура, образование, туризъм, иновации, развитие и европейски политики“), акад. дфн Александър Петров

Така на 10-и октомври 2014, в 10:30 ч. в препълнената зала „Компас“, проф. д-р Теменужка Йовчева (председател на конференцията) обяви старта на форума. На тържественото откриване приветствия към участниците отправиха редица официални лица: проф. д-р Невена Милева (почетен председател на конференцията и заместник ректор на Пловдивския университет), г-н Стефан

(председател на Съюза на физиците в България), проф. д-н инж. Симеон Василев (председател на Съюза на учените в България, клон Пловдив), доц. д-р Лиляна Колакчиева (директор на Централната лаборатория по приложна физика, БАН), проф. дфн Александър Драйшу (декан на Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“), доц. д-р Желязка Райкова (декан на Физическия факултет на ПУ „Паисий Хилендарски“). Провежданата конференция и нейната важност за физичната общност бяха отбелязани и с поздравителен адрес от доц. д-р Румяна Коларова, министър на образованието и науката, и прочетен от главен експерт в МОН г-жа Валентина Иванова, и с поздравителен адрес от д-р Лъчезар Костов, председател на Държавната агенция по ядрено регулиране.

Строго официалната обстановка беше развредена от емоционалната лекция „Пловдив и физиката“, изнесена от проф. дфн Никола Балабанов. Тя убеди присъстващите, че неслучайно град Пловдив е избран за домакин на този значим форум на българската физика. Именно тук, в град Пловдив, народният просветител Найдено Геров издава първия учебник по физика и казва актуалните и до днес слова „Физиката е висока и пространна наука“. Лекторът разказа изключително интересни исторически факти, представи „Трихълмието“ на пловдивското просвещение през XIX век и акцентира върху някои основни проблеми пред българската физика. Накрая завърши с провокативни послания към участниците в конференцията: В науката е нужен нов Ренесанс! Обществото се нуждае от ренесансови учени!

Същинската научна работа на конференцията започна същия ден следобед, когато аудиторията имаше удоволствието да се наслади на докладите на български учени от световна величина, поканени специално за форума. Акад. дфн Александър Петров, автор на повече от 180 научни публикации, на книги, откривател на 6 нови физични ефекта, автор на 5 авторски свидетелства, носител на редица международни отличия, показва как физиката на меката и живата материя може да ни доведе до разшифроване на загадките на живота на базата на физически модели и подходи. Доц. д-р Иван Бъчваров, признат международен специалист в областта на лазерите и автор на над 70 научни публикации, създател на две лаборатории, представи своята разработка на пренастройваема лазерна система в средно-инфра-



Препълнената зала от заинтригувани участници в конференцията

червената област на спектъра, която се явява алтернатива на лазерите на свободни електрони, имаща огромен практически потенциал в редица модерни медицински и научни области. Доц. д-р Димитър Тонев, откривателят на динамичната хирална симетрия, провокира интереса на присъстващите с разказ за историята, настоящето и перспективите на ядрената физика, през погледа, успехите и традициите на престижния Институт за ядрени изследвания и ядрената енергетика към БАН. Проф. д-р Николай Тончев, автор на над 100 научни публикации и няколко книги, показва успехите на българските теоретични физици, като въведе участниците в конференцията във „фиделити“ и новия теоретико-информационен подход във физиката на кондензираната материя и фазовите преходи. Изключително интересен беше докладът на проф. д-р Лъчезар Аврамов, автор на над 150 научни публикации. С много примери той доказва практическата значимост на физичните разработки за всекидневието ни, като показва пътя от научната идея до клиничната медицина, в областта на биомедицинската фотоника. За завършек на вечерта д-р Стоян Пенчев накара аудиторията да обърне мислен взор към небето, като разказа за атмосферни спектрални явления, породени от резонансно разсейване на слънчевата светлина.

В следващите дни на конференцията същинската работа, целяща да представи най-новите разработки и върхови постижения на българските физици, беше разпределена в 7 основни направления, обособени като секции. Организаторите от Физическия факултет на Пловдивски университет, които бяха отговорници на секциите, умело ръководеха работата и научните дискусии. Благодарение на тях всеки участник получи възможност да представи разработките си, след което се получиха ползотворни научни дискусии, интересен обмен на идеи и създаване на контакти, целящи бъдещи партньорства и общи инициативи. Това дължим на нашите колеги: проф. д-р Тинко Ефтимов, доц. д-р Георги Дянков и доц. д-р Надежда Кафадарова (секция „Фотонни и телекомуникационни технологии“), гл. ас. д-р Ася Виранева и гл. ас. д-р Цветанка Михайлова (секция „Физика на кондензираната материя“), доц. д-р Савка Маринова и доц. д-р Христо Христов (секция „Атомна и ядрена физика“), доц. д-р Екатерина Писанова и гл. ас. д-р Диана Дакова (секция „Теоретична и математическа физика“), доц. д-р Драгомир Господинов и гл. ас. д-р Елисавета Марекова (секция „Физика на Земята, атмосферата и Космоса. Океанология“), д-р Мария Марудова и доц. д-р Тодорка Димитрова (секция „Интердисциплинарна физика“), доц. д-р Желязка Райкова, доц. д-р Силвия Стоянова и доц. д-р Димитър Токмаков (секция „Електроника, информационни и образователни технологии“).

Сплотеният колектив от организатори, към които, освен отговорниците на секции, следва да бъдат включени и членовете на организационния комитет проф. д-р Теменужка Йовчева (председател на конференцията), проф. д-р Тодор Мишонов (съпредседател на конференцията), гл. ас. д-р Гинка Екснер (научен секретар) и ас. д-р Иван Бодуров (технически секретар), както и членовете на техническата комисия: гл. ас. д-р Иванка Влаева, ас. Анелия Дакова, ас. д-р Стоил Иванов, ас. Мариета Атанасова, ас. Николай Вакрилов, докторант Теодора Пашова, физик Стефан Николов, доц. д-р Васил Василев,

доц. д-р Красимир Митев, д-р Васил Йорданов, със своите отговорност и ентузиазъм допринесоха за успеха и отличната атмосфера на конференцията.

Критерий за нашия общ успех са изнесените общо 101 доклада. Те бяха представени от изявени български учени – изследователи и преподаватели, представители на почти всички университети в страната, в които има факултети по физика или по природни науки (12 на брой), институтите на БАН (общо 19), 3 средни училища и 4 други национални институции. Макар че основен акцент беше националното участие, поради дългогодишните традиции на нашите учени за работа в екипи с представители на научните общности от други страни, в конференцията се включиха и физици от Русия, Латвия, Германия, Индия и Ирландия.

Научното ниво на представените доклади ще бъде доказано още веднъж и чрез публикуването им в издание на Американския физически институт (AIP Conference Proceedings). Така нашите национални постижения ще станат достояние и на световната научна общност.

Ние, организаторите от Физическия факултет на Пловдивски университет сме горди, че бяхме домакини на Националната научна конференция по физика и вярваме, че допринесохме за издигане престижа на нашия университет. Надяваме се, че успяхме да положим началото на добра традиция в организирането на такъв род научни форуми в областта на физиката. Подробна информация и галерия на снимки от събитието може да се видят на сайта на конференцията <http://plovdiv2014.bgphysics.eu/>.

СТАНОВИЩЕ НА СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ КЪМ ПРОЕКТА ЗА ЗАКОН ЗА ПРЕДУЧИЛИЩНОТО И УЧИЛИЩНОТО ОБРАЗОВАНИЕ

1. Новият закон няма да реши основния проблем в българското училищно образование, рязкото намаляване в последните десетилетия на дела в обучението и съответно на компетентностите по научните дисциплини и по-конкретно по физика. Това, от своя страна, води до ниска природонаучна култура, дефицит в научните и инженерните специалности, и в крайна сметка, до катастрофално изоставане на страната ни от световното технологическо и обществено развитие. С приемането на новите учебни програми трябва да се осигури по-висок дял и по-ранно обучение по природните науки. Към закона, обаче, към чл. 5, трябва да бъде добавена следната алинея:

8. придобиване на ключови компетентности и култура в областта на природните науки и математиката и разбиране на значението им в съвременния свят.

2. В българските училища липсват съвременни условия за експериментално обучение и практически умения в научните специалности. В закона необходимата материална база даже не е включена към държавните образователни стандарти. Затова предлагаме към чл. 24, алинея (2) да се включи следната допълнителна точка:

19. материалната база за училищното образование.

3. Възражяваме на залегналата възможност за финансирането на частни училища от държавния бюджет. Държавата би трябвало да финансира (ако изобщо се налага) частни образователни институции, работещи за печалба единствено за дейности, в които самата среща трудности да ги реализира. При строг контрол на качеството. Пример за такива дейности са програмите за деца със специални образователни потребности. Финансирането на училища, претендиращи за качество, е трудно да се контролира и практиката по света показва, че е вредно дори когато се прилага в ограничен мащаб.

Ето защо към чл. 267, ал. 1, т. 4

Вместо: 4. дава становище за разпределението на бюджета по дейности и размера на капиталовите разходи, както и за отчета за изпълнението му – за институциите на делегиран бюджет и за частните детски градини и частните училища, които получават бюджетна субсидия

Да се замени с (отпада текстът, отнасящ се за частните училища):

4. дава становище за разпределението на бюджета по дейности и размера на капиталовите разходи, както и за отчета за изпълнението му – за институциите на делегиран бюджет.

Към чл. 280, ал. 16:

(16) Не се утвърждават формули за дейности, по които получател на средствата е само едно училище или детска градина или са предоставени за частни училища или детски градини.

Да се замени с:

(16) Не се утвърждават формули за дейности, по които получател на средствата е само едно училище или детска градина.

Чл. 281, ал. 3 – да отпадне.

Членове 285 и 286 – да отпаднат изцяло.

В допълнителните разпоредби § 2, ал. (2) да отпадне ... **които не получават бюджетна субсидия.**

4. СФБ не е съгласен с политиката „парите следват ученика“. Известно е, че този принцип доведе до уродливи практики и понижаване на качеството на образованието. Такъв принцип би могъл да се прилага единствено за ученици и училища, показващи системно добри резултати от общонационалните изпити, и то при принципно нов, завишен контрол върху тях.

5. СФБ предлага да се премахне политиката на делегираните бюджети. Добре известно е, че тази политика също доведе до уродливи практики и до понижаване на качеството на образованието. Част от лошите практики идват и от липсата на мандатност при определяне на училищните директори. СФБ предлага мандатността на директорите да залегне в Закона. За тази цел СФБ предлага към чл. 215 да се добави ал. (8) – нова:

(8) Длъжността „директор“ в държавните и общински институции се заема за максимум от два четиригодишни мандата.

6. СФБ отчита, че броят на компетентните учители по природни науки е под необходимия минимум и продължава да спада. За да се пристъпи към решаване на този основен проблем, държавните университети трябва да се финансират целево и да се стимулират да подготвят и предложат съвременни и качествени педагогически специалности по природни науки. Чрез стипендии и цялостна политика за кариерно развитие младите хора да се стимулират да постъпват в тези специалности.

7. СФБ не е съгласен да се продължи политиката на многото учебници. Тази политика не позволява да се установят високи и единни образователни стандарти. От друга страна, ограничаването до един учебник, както предлагат някои политически партии, е прекалено рисковано. Като компромисно решение СФБ предлага учебниците да се ограничат до максимум два по всеки предмет.

8. СФБ намира ширещата се практика на взимане на частни уроци за уродлива. Законът не предвижда достатъчно мерки тя да бъде ограничена. Вместо предложения чл. 218, алинеи (1) до (5), които е лесно да се заобиколят, да се заменят с:

Член 218. (1) Педагогическият специалист на длъжност в държавна или общинска институция не може да извършва срещу заплащане под никаква

форма обучение или подкрепа по смисъла на чл. 176, ал. 1, т. 2-6 и 13 и чл. 185, ал. 1, т. 2 и 4., ако това заплащане е от името и за сметка на децата и учениците.

Важно е да се отбележи, че подобна забрана трябва съпътстващо да се въведе и за преподаватели от държавни и общински ВУЗ и учени от БАН или други държавни научни и образователни институции.

9. Предлагаме и следните промени:

Към чл.261 ал.1 т. 15

Регулярно проследява и обсъжда нивото на усвояване на компетентности от всеки ученик...

Да се замени с:

Регулярно проследява и обсъжда нивото на усвояване на компетентности от учениците...

Към чл. 267 ал. 1 т. 1

Вместо: 1. одобрява стратегията за развитие на детската градина или училището...

Да се замени с:

1. участва в разработването на стратегията за развитие на детската градина или училището...

10. СФБ предлага да се създаде национална система за атестация на учителите! Учителите да минават периодически на изпити и квалификации. Да се оценяват централизирано от определена за целта от професионалните съюзи по науките независима институция.

11. Образователният стандарт да се актуализира на всеки 4 години, с оглед на динамичните нужди на образованието Новите образователни изисквания и програми по физика се подлагат на широко обсъждане от всички заинтересувани и участващи реално в образователния процес.

12. СФБ настоява за по-ниска норма на задължителна преподавателска заетост за учителите по физика. Преподаването по физика изисква висока математическа и компютърна квалификация и в допълнение специфични експериментални умения. Всичко това определя справедливостта на искания по-висок хорариум. Във връзка с това, да се предвидят средства за създаване на съвременни кабинети и училищни лаборатории по физика.

13. СФБ настоява за мерки, включително законодателни, които да осигурят големи права на учителите и по-висока дисциплина в клас. За по-строг контрол и при изразходване на средства при извънкласни дейности, летни училища и др.

14. Да се осигурят законови възможности за профилиране на класовете според възможностите на децата.

15. СФБ намира широко пропагандираното мнение, че българските ученици са обременени с много материал за несъстоятелно поне по отношение на природните науки. При сравнение с темите и количеството знание, което европейските им връстници усвояват по физика, българчетата определено са на опашката.

42-ТА НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

на тема:

„Световни образователни стандарти, сравнителни измервания и образованието по физика в България”

8-11 септември 2014 г., Стара Загора

РЕШЕНИЯ на конференцията:

А. По отношение на учебните програми по предметите Физика и астрономия и Човекът и природата:

1. Привеждане на очакваните резултати по теми от учебните програми към ДООИ, в които са заложили знания и умения за естеството на науката, научните методи и формиране на отношение към науката като част от човешката култура, подобно на много европейски и други страни.

2. Допълване на ДООИ с изисквания за задължителна експериментална учебна среда за провеждане на часовете по физика и астрономия.

3. Промяна на нормативната документация по отношение на учебната натовареност на учителите по физика и астрономия, включвайки време за подготовка и провеждане на експериментална дейност.

4. Осигуряване на експериментална учебна среда за изучаване на предметите Физика и астрономия и Човекът и природата.

Б. По отношение на подготовката и професионалния статус на учителите по физика и астрономия:

1. Подобряване на базовата подготовка на учителите чрез осъвременяване на учебните програми за подготовка на учители по физика и астрономия.

2. Осигуряване на продължаваща квалификация по отношение на организацията и провеждането на учебната дейност, както и за оценяването на резултатите от обучението по физика в училище.

3. Повишаване на професионалния статус чрез увеличаване на възнагражденията на учителите.

В. По отношение на провеждането на измерването на постиженията на учениците по природни науки през 2015 г. PISA:

1. Провеждане на срещи и обучения на учителите по физика и астрономия за изясняването на характера на изследването PISA, особеностите на задачите и новия им формат с цел подпомагането им в подготовката на учениците.

29.09.2014 г.

Изготвили Организационните комитети на конференцията:

Председател: доц. д-р Мая Гайдарова, Зам.-председатели: проф. дфн Ана Георгиева, проф. дфн Иван Лалов, Секретар: Милка Джиджова, Технически секретар: Снежана Йорданова, Членове: доц. д-р Желязка Райкова, гл. ас. Клавдий Тютюлков, гл. ас. д-р Нели Димитрова, Валентина Иванова, Пенка Лазарова, Иван Петков, Георги Георгиев.

Оргкомитет – Стара Загора:

Председател: проф. д.с.н. Иван Станков и членове: доц. д-р Мирослав Карабалиев, доц. д-р Стефка Атанасова, доц. д-р Венета Гинева, Николай Такучев, Тонка Иванова, Надя Кискинова и Гергана Карабалиева.

Посетете нашия сайт
WOP.COINTECH.NET

На него можете да откриете всички списания на
СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА от 1991 г. досега

СЪВЕТЪТ НА ЦЕРН ИЗБРА СЛЕДВАЩИЯ ГЕНЕРАЛЕН ДИРЕКТОР

На 173-тото си закрито заседание на 4 ноември миналата година, съветът на ЦЕРН избра италианката, д-р по физика Фабиола Джаноти за следващия генерален директор на този най-голям изследователски център по физика в Европа. Мандатът на Джаноти ще започне на 1 януари 2016 г. и е за период от пет години. Тя е първата жена на позицията „генерален директор на ЦЕРН“.

Съветът лесно се обединява около кандидатурата на Джаноти. „Бяхме изключително впечатлени и от трите кандидатури, които издигна проучвателната комисия“, каза Агнieszка Залевска (Agnieszka Zalewska), президент на Съвета, при обявяване на решението за избора. „Визията на д-р Джаноти за бъдещето на ЦЕРН като водеща световна лаборатория, в съчетание с дълбоките ѝ познания както за ЦЕРН, така и за физиката на елементарните частици, доведе до настоящия избор.“

Джаноти получава докторска степен по експериментална физика на елементарни частици в университета в Милано през 1989 г. с работите си по суперсиметрия в експеримента UA2* на



Отляво, снимка на Фабиола в изданието „Личност на годината“ за 2012 г. на американското списание „Time“. Престижната класация за годината се оглавява от президента Обама, проф. Джаноти е на престижното пето място. Вдясно, Фабиола по време на семинар, на който се обявява откриването на Хигс бозона

ЦЕРН. Тя е физик-изследовател в ЦЕРН от 1994 г., включена е в екипа за конструиране и разработване на детектори, в софтуерната обработка и анализ на данните, като например изследванията ѝ по търсене на суперсиметрия в експеримента ALEPH** на Големия електрон-позитронен (LEP) колайдер.

Името на Джаноти става известно от работите ѝ, свързани с експеримента ATLAS в LHC***. Тя е ръководител на ATLAS от март 2009 г. до февруари 2013 г., което съвпада с периода, когато експериментите ATLAS и CMS на LHC обявяват дългоочакваното откритие на Хигс бозона, за което през 2013 г. Франсоа Енгле и Питър Хигс са отличени с Нобелова награда. От август 2013 г. Джаноти е почетен професор в университета в Единбург.

Милен Замфиров,

редакционни бележки Екатерина Христова

Източник: <http://cerncourier.com/cws/article/cern/59310>

* UA2 е един от двата експеримента (заедно с UA1), направен на протон-антипротонния ускорител (SPS) в ЦЕРН, на който през 1983 г. бяха открити векторните W и Z бозони – елементарните частици, преносители за слабото взаимодействие в Стандартния модел. Това донесе Нобеловата награда по физика през 1984 г. на Карло Рубиа и Саймон ван дер Меер (бел. ред.).

** ALEPH е названието на един от 4-те детектори на Големия електрон-позитронен (LEP) колайдер в ЦЕРН. LEP е най-големият лептонен ускорител, построен досега, той работи от 1989 до 2000-та година. Неговата обиколка е 27 км, по чиято дължина са разположени 4 детектора с големина на малки къщички, които регистрират импулсите и енергиите на частиците (бел. ред.).

*** Големият адронен колайдер (LHC) е протон-протонен ускорител, който заменя електрон-позитронния колайдер, построен в същия тунел. За регистриране на очакваната нова физика – нови частици, кварк-глюонна плазма, ефекти на СР-нарушение и други, са конструирани различни детектори. Най-големи сред тях са детекторите CMS и ATLAS, предназначени за откриване на нови частици, те са с големината на многоетажни блокове. България е пълноправен участник в CMS колаборацията (бел. ред.).

ПРОФ. ДФЗН И КХН АСПАРУХ ПЕТРАКИЕВ НАВЪРШИ 80 ГОДИНИ

Доц. днт Димо Христов
Н.с. д-р Александър Банков
Доц. д-р Георги Димитров
Проф. днт Иван Душков

Аспарух Петракиев е роден на 15 август 1934 г. в с. Деков, Свищовска околия, област Плевенска. Прогимназия завършва в родното си село, а гимназия в Русе с отличие и награда за първенец на випуска. Отличава се с голяма любознателност и широки интереси. Паралелно с редовното си обучение завършва курсове по авиомоделизъм, парашутизъм, безмоторно и моторно летене, автомобилизъм, мотоциклетизъм, радиотехника и др. През 1954 г. е приет за редовен студент в тогавашния Физико-математически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“, който завършва през 1958 г. Две години е преподавател по физика в Първа политехническа гимназия гр. Свищов, след което е избран за асистент по физика ВИМЕС Русе. Ръководител на катедра физика по това време е проф. Стоян Петров. Интензивно се занимава със спектроскопия на алкало-халогенни кристали и атомен емисионен спектрален анализ. Записва да учи химия като задочник. Благодарение на добрите му изяви, катедра „Атомна физика“ с ръководител академик Хр. Христов прави предложение Аспарух Петракиев да бъде поканен да се премести в тази катедра и да организира група за изследователска и учебна работа по спектроскопия. След решение на Факултетния и Академичния съвет на СУ „Св. Кл. Охридски“ това се реализира. Според оценките на факултетното ръководство той изпълнява задачата си много добре и относително скоро сформира самостоятелно звено към катедрата „Атомна физика“, а по-късно и отделна катедра „Оптика и спектроскопия“ с две специализации, една от които е „Приложна оптика“ към „Инженерна физика“. През 1982 г. създава Централната научноизследователска лаборатория (ЦНИЛ), а по-късно и Проблемни научноизследователски лаборатории (ПНИЛ) по оптика и спектроскопия, като през 1985 г. общият щатен състав на тези звена е 18 сътрудници.

Паралелно с това Аспарух Петракиев става задочен аспирант в областта на спектроскопия на плазмата в Белоруски университет, гр. Минск под ръководството на един от корифеите в областта на спектроскопията акад. М.А. Ельяшевич и е зачислен на свободна аспирантура към ИОНХ на БАН под ръководството на чл. кор. Никола Пенчев. Подготвя две дисертации и скоро получава научната степен кандидат на химическите науки, а дисертацията за кандидат на физическите науки в Минск бива високо оценена от научните съвети и предложена след доработка за получаване на академична степен доктор на физико-математическите науки.

Острага нужда от кадри по спектрален анализ за многобройните лаборатории в промишлеността и научните институти налага изграждането на интензивно следдипломно специализирано обучение. В проведените курсове за следдипломна квалификация и преквалификация биват обучени общо за годините над 3000 специалиста. От промишлените лаборатории биват отделени няколко десетки скъпоструващи спектрални уредби, които са отлична база за едно модерно за времето си обучение в тази област. В съавторство със З. Бургуджиев и колеги от други институти проф. Петракиев подготвя и издава шест учебни пособия, някои от които са преведени и издадени и в други страни. Най-младата катедра във физическия факултет на СУ става и най-добре оборудваната, като за целта пари са предоставени на практика почти изцяло от други ведомства. Няколко години в качеството си на зам. декан А. Петракиев отговаря за след дипломните квалификации и аспирантурите във факултета. Три години заема длъжността директор на направление по следдипломна квалификация в Министерството на народната просвета с координационни функции за цялата страна, т.е. за всички ведомства в България.

По инициатива на групата, а по-късно на катедрата по „Оптика и спектроскопия“, с активното участие на целия щатен персонал на тази катедра, започва организирането на ежегодни научни конференции по спектроскопия, издават се сборници с доклади, като кулминация на тази дейност е организирането на най-големия световен форум, XXVI-ия Колоквиум по спектроскопия през 1989 г. с шест пред- и пост-конферентни симпозиума и общ брой на участниците над 1200, чийто президент е вече хабилитиралия се доц. Петракиев.

Активната международна дейност на проф. А. Петракиев се изразява и в широко дългосрочно международно научно-техническо сътрудничество с Лайпцигския университет, университета в Хале, университетите в Будапеща, Бърно, Прага, Орхус (Дания), Отава (Канада), Гуанджоу (Китай), Белоруски и Латвийски университети и др., откъдето е получил много награди, в т.ч. и няколко ордени и медали.

А. Петракиев има няколко дългосрочни специализации в КФА-Юлих (ФРГ) в областта спектроскопия на високотемпературната плазма, в университета Колидж парк – Мериленд (САЩ) по спектроскопия на плазмата при проф. Х.Р. Грим, в МГУ – по лазерна спектроскопия и в университета в Орхус (Дания) в областта на снопово-лъчевата спектроскопия при проф. Т. Андерсен и Ове Поулсен. Публикациите в последния университет, свързани с определяне времената на живот и вероятностите за преход на неколкостранно йонизирани атоми на редкоземни елементи, бяха посрещнати с много голям интерес и получените резултати са включени като едни от най-прецизните в сборните томове на Националното бюро за стандарти във Вашингтон. Тези резултати са цитирани стотици пъти и пряко използвани от много други изследователи у нас и чужбина. На тяхна база бяха преизчислени редица астрофизически параметри и атомни константи.

Под ръководството на проф. А. Петракиев и с активното участие на Г. Димитров и И. Димитров от БАН бяха проведени твърде интересни и много полезни изследвания, свързани с използването на спектрални методи при изследване паметници на культу-

рата и археологически обекти. Те касаеха преди всичко златните тракийски находки на Казанлъшката гробница и други такива от откритите навремето археологически находки от долината на тракийските царе, както и стенописите на Боянската църква, обявена като обект на ЮНЕСКО. Бяха приложени едни от най-модерните за времето си спектрални методи: лазерен микроспектрален анализ, рентгенов микроспектрален анализ, радиоактивационен анализ и др. Изследванията от този род се считат за едни от първите в света и са цитирани няколкостотин пъти в журнали с висок импакт фактор. Те са използвани в лабораториите на Третяковската галерия, Ермитажа, Лувъра и др. и са известни като методи на Петракиев.

Друга група интересни пионерски изследвания бяха свързани с приложението на спектралните методи в медицината, биологията и охрана на природната среда с участието на Г. Димитров и Илко Бончев, а така също и на редица чуждестранни експерти.

Активната научноизследователска работа на А. Петракиев, сътрудничеството му в много наши и международни научни журнали става причина той да бъде включен в международните редакционни колегии на 7 научни списания, 4 от които на Пергамон Прес, едно канадско, едно китайско и едно японско, издавани съответно в Ню Йорк, Лондон, Оксфорд, Монреал, Пекин и Токио. Отделно работи като член на редколегиите на други две национални научни списания по екология и информационни технологии.

Една рекапитулация на научната продукция на А. Петракиев показва общ брой на публикациите около 250, от които в чуждестранни и международни списания 130, и 45 пленарни доклада на конференции. Общият брой на цитираните негови работи е около 380. Издал е 12 книги и учебни пособия и е автор на 25 авторски свидетелства. Присъдено му е и званието Почетен Изобретател и е награден със златна значка на Държавен комитет за научно-технически прогрес (ДКНТП) за принос в техническия прогрес на Народна република България.

Последните 10 години преди пенсионирането си проф. Петракиев отдава на университета „Проф. Асен Златаров“, гр. Бургас, където 8 години завежда катедрата по физика и математика, чете няколко курса по Обща физика, Биофизика, Сензори и сензорни системи, Мултимедия и мултимедийни системи и публикува две учебни пособия и около 120 публикации и доклади в областта на екологията, биофизиката и мултимедийното обучение. Организатор е и е един от лекторите на голяма лектория и на летни школи за новости в науката и техниката с общ брой на изнесените доклади над сто и петдесет. Паралелно с тази си преподавателска дейност той чете няколко курса лекции към филиала на Тракийски университет в Стара Загора в град Ямбол, а така също и в техническия колеж „Телематика“ в Стара Загора.

През 1996 година проф. Петракиев взема участие в международен конкурс, обявен от Международната академия на науките по екология и безопасност на живота и бива избран за редовен член на тази академия (т.е. за академик), а по-късно и за вицепрезидент на филиала ѝ в България, където развива широка научна, научно-приложна и организаторска дейност. За тази си универсална дейност е награден с медал на името на Ломоносов.

Особено внимание заслужава активната дейност на проф. Петракиев в Съюза на физиците. През 1982 г. той бива избран за зам.-председател на Централното ръководство на Дружеството на физиците в България (сега СФБ) и заема тази длъжност в продължение на около 10 години. Под негово ръководство беше създадена и внедрителската фирма "Булфизика", на която е и президент в продължение на 7 години. На един от редовните конгреси на ДФБ проф. Петракиев е избран за почетен член, като по онова време става най-младият почетен член на дружеството. Награждаван е и по линия на Съюза на учените. Последните 8 години беше председател на СФБ за Бургаска област, където разви много широка обществена дейност за внедряване на информационните технологии в обучението и др.

Ние, неговите колеги и приятели, го поздравяваме по случай 80-годишния му юбилей и му желаем здраве, дълголетие, както и да запази своята пословична енергичност и универсални интереси още дълги години. Очакваме и нови успехи в новото му хоби – алтернативни и възобновяеми източници на енергия, а също и довършване на соларния и Браун газ полигони, които с много любов строи на неговото ранчо в с. Варвара, както и публикуването на мемоарите, които се очаква със съдействието на своята дъщеря скоро да довърши.

Броеве на Списание СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА можете да си поръчате и на електронния магазин на сайта на списанието:
<http://wop.cointech.net/bg/archive.php>

„137: ЮНГ, ПАУЛИ И ГОНИТБАТА ПОДИР ЕДНА НАУЧНА ИДЕЯ ФИКС“

Артър Милър

Част IV

Мистериозното число 137

Константата на фината структура

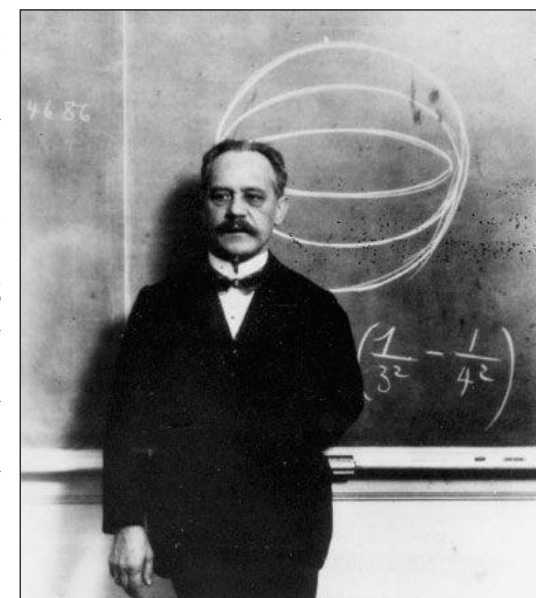
ВЕДНЪЖ Паули казал, че ако Господ би му разрешил да попита, каквото желае, неговият първи въпрос би бил „Защо $1/137$?“

Един от неговите колеги шеговито допълва оставащата част от историята. Той повтаря, че един ден Паули наистина е получил възможност да зададе своя въпрос. В отговор Господ взима парче тебешир, отива до черната дъска и започва да обяснява точно защо константата на фината структура трябва да е $1/137$. Паули слуша известно време, след което поклаща глава. „Не“, казва човекът, който е известен с това, че е създал една теория. „Та това не е даже погрешно!“ След което посочва на Господ защо обяснението Му не е валидно.

Константата на фината структура е едно от онези числа, които лежат в самата основа на вселената и на цялата материя. Ако тя беше различна, нищо не би било такова, каквото е. Както казва Макс Борн, „това число има най-фундаменталните следствия за строежа на материята изобщо.“ В резюме: спектралните линии са като пръстови отпечатъци на атома, които се разкриват, когато бъдат осветени. Фината структура е структурата на отделните спектрални линии. На свой ред константата на фината структура е неизменното число, което определя фината структура.

Ръководителят на Паули, Арнолд Зомерфелд изчислил, че константата на фината структура е 0.00729. По-късно обаче учените откриват, че тя може да се запише във вид на по-простото и по-смислено число $1/137$. Скоро то става известно като 137.

Това число не подлежи на дискусия. То просто трябва да е $1/137$, защото определя интервалите във фината структура на спектралните линии и защото така е измерено в лабораторните експерименти.



Фиг. IV.1. Зомерфелд през 1916 г., малко преди Паули да стане негов студент

Но защо това число? Защо 137? Има нещо такова около 137 – едновременно просто и фундаментално число, – което вълнува въображението на всички.

α

Да припомним: трите фундаментални константи, които съставят константата на фината структура, са зарядът на електрона, скоростта на светлината и Планковата константа, която определя най-малкото възможно измерване в света. Всички те имат размерност. Зарядът на електрона е 1.61×10^{-19} кулона, скоростта на светлината е 3×10^8 метра за секунда, а Планковата константа е 6.63×10^{-34} Джаул.секунди. И трите зависят от единиците, в които се измерват. Така например скоростта на светлината е 3×10^8 метра за секунда в метричната система, но е 186,000 мили за секунда в британската мерна система. Всичките три вероятно ще играят съществена роля в относителността или в квантовата теория, формулирани от физиците на някоя друга планета в някоя друга галактика, но тези физици вероятно ще ползват мерна система, различна от нашата, така че точната числена стойност със сигурност ще е различна.

Не е така с константата на фината структура. Макар че е изградена от тези три фундаментални константи, тя е просто едно число, тъй като размерностите на електронния заряд, на Планковата константа и на светлинната скорост се съкращават. Това означава, че в която и мерна система да я определяме, тя ще бъде една и съща – подобно на числото π, което винаги е 3.141592... И така, защо константата на фината структура е 137? Физиците могат само да заключат, че тя не може да има тази стойност по една случайност. Тя е „такава, каквато е“, без да зависи от структурата на нашите мозъци.

Никога преди това в историята на съвременната наука не е откривано чисто число без никаква размерност, което да играе такава централна роля. Хората започват да го наричат „мистичното число“. А Зомерфелд пише: „Езикът на спектрите е истинска музика на сферите вътре в атома“.

Артур Едингтън и неговата мания за 137

През 1957 г. Паули пише на сестра си Херта: „Не вярвам бъдещето на мистицизма да е възможно в неговата стара форма. Вярвам обаче, че природните науки ще създадат между собствените си представители такъв обратен полюс, който да е връзка с предишните мистични елементи.

Може би ключът лежи в числата, по-конкретно в числото 137.“

До 1929 г. константата на фината структура постоянно е била записвана като 0.00729. През тази година на английския астрофизик Артур Едингтън му идва чудесна идея. Той опитва да дели 1 на 0.00729. Получава 137.17, с точност до втория десетичен знак. Точното лабораторно измерване дава нещо между 1/137.1 и 1/137.3. Учените определяли константата на фината структура по два начина. Когато я пресмятали от измерваните стойности на електронния заряд, Планковата константа и светлинната скорост, резултатът бил 0.00729. А би могла да се измери направо фината структура на спектралните линии, т.е. тя да бъде определена в лабораторни условия. Тогава най-често се получава стойността 0.007295 ± 0.000005 . Обаче вторият метод изисква принос от определена теория, а това не е лесно, защото теорията на взаимодействието на

електроните със светлината – квантовата електродинамика – все още не е оформена, както се вижда и от трудностите, които изпитват Хайзенберг и Паули при работата си върху този въпрос. Взимайки това под внимание, Едингтън решава, че е напълно оправдано да се забрави за числената стойност и константата на фината структура да се запише просто като 1/137.

Едингтън е имал подчертана склонност към мистиката. Според него мистицизмът предлага освобождаване от затворената логическа система на физиката. „Разумно е да се попитаме дали в мистичните илюзии на човека не се съдържа отражение на една дълбока реалност“ – разсъждава той. Подобно на Паули той води борба с дихотомията между двата свята – и двата еднакво невидими – на науката и на духа. Той е убеден, че математиката е ключът, който би отворил вратата между тези два свята и се заема с едно почти маниакално увлечение да изведе по някакъв начин 137.

Равенството, определящо константата α на фината структура, е:

$$\alpha = 2\pi e^2 / hc,$$

като зарядът на електрона e участва в равенството с квадрата си e^2 . Това показва, че освен мярка за фината структура на спектралните линии константата на фината структура (1/137) е също мярка за силата, с която си взаимодействат два електрона.

Едингтън се аргументира, че в съответствие с теорията на относителността частиците не могат да се разглеждат изолирано, а само по отношение една спрямо друга и следователно всяка теория на електрона трябва да разглежда най-малко два електрона. Като прилага особен вид математика, която той сам е изобретил, Едингтън установява, че всеки електрон може да се описва с помощта на шестнадесет E -числа (E иде от „Едингтън“). Като умножаваме 16 по 16, получаваме 256 различни начина, по които електроните могат да се комбинират един с друг. После той показва, че от тези 256 начина само 136 са в действителност възможни, а 120 не са. Той записва това като $256 = 136 + 120$. Също като да извади заяк от шапката, той по фокуснически начин получава числото 136 от чисто математическо (макар и съмнително) разсъждение.

Разбира се, 136 не е 137, но за Едингтън то е достатъчно близко. Той е убеден, че липсващата единица „скоро ще се появи“. Както се изразява Пол Дирак, „[Едингтън] първо доказва за 136, а когато експериментът повишава до 137, той доказва и това!“ Маниакалната гонитба подир 137 поглъща живота на Едингтън. Американският астрофизик Хенри Ръсел си спомня среща с него на конференция в Стокхолм. Те се оказали заедно в съблекалнята и тъкмо се канели да окачат палтата си. Едингтън настоявал шапката му да бъде окачена на закачалка с номер 137.

Едингтън увеличава мистерията, като посочва, че 137 съдържа три от седемте фундаментални константи (другите четири са масите на електрона и протона, Нютоновата гравитационна константа и космологичната константа на общата теория на относителността). Седем, разбира се, само по себе си е мистериозно число с това, че съдържа седемте дена на сътворяването, седемте отвора в главата и седемте планети в пред-Коперниковата планетна система. Теоретизирането на Едингтън става катализатор в търсенето на числени отношения между фундаменталните природни константи.

През 1929 г. Бор пише на Паули: „Какво мислиш за последната статия на Едингтън (136)?“ Паули не си дава особен труд да отговори, а само коментира, че вероятно скоро ще има нещо за казване „върху Едингтън(?)“ Двете въпросителни са негови. „Намирам, че работата на Едингтън ‘136’ е пълна безсмислица: повече подхожда на романтичен поет, отколкото на физик“ – пише той на своя колега Оскар Клайн месец по-късно. През същия месец май той добавя в писмо до Зомерфелд: „Колкото до твърдението на Едингтън, че $\alpha = 1/136$, смятам, че то няма никакъв смисъл“.

Паули и 137

На пръв поглед Паули не е бил заразен от бацила на 137. Обаче през февруари 1934 г. той пише на Хайзенберг, че ключовият проблем е да се „разбере $1/137$ и ‘Atomistik’- ата на електричния заряд“. По това време той се опитва да намери вариант на квантовата електродинамика, в който масата и зарядът на електрона да не са безкрайни; но както и да манипулира своите уравнения, в крайна сметка от тях винаги изскача мистичният електричен заряд, откъдето и произлиза думата „атомистик“, т.е. атом плюс мистика.

Проблемът е в това, че квантовата електродинамика „не отчита атомния характер на електричния заряд“, когато последният влиза в теорията на квантовата електродинамика като компонента на константата на фината структура. „Една бъдеща теория“ – пише Паули, „трябва да доведе до дълбока унификация на фундамента.“

Както Паули вижда нещата, ядката на проблема е в това, че идеята за електричен заряд е чужда както на предквантовата, така и на квантовата физика. И в двете теории зарядът на електрона трябва да бъде въвеждан в уравненията – той не възниква от тях. (Това прилича на квантовите теории на Хайзенберг и на Шрьодингер, в които спинът на електрона трябва да бъде въведен отвън, докато в теорията на Дирак той изниква по естествен начин.)

Квантовата теория се справи с това положение като включи константата на фината структура $1/137 = 2\pi e^2/hc$, т.е. свърза заряда на електрона e с две други фундаментални природни константи – Планковата константа h (най-малкото възможно измерване във вселената и емблема на квантовата теория, чийто обект е природата на атомно ниво) и огромната светлинна скорост c (емблемата на теорията на относителността, чийто обект е вселената).

Паули продължава да се смущава от връзката между константата на фината структура и възникващите в квантовата теория безкрайности. Този проблем стои и не помръдва. „Всичко ще стане красиво, когато се изясни $1/137$ “ – пише той на Хайзенберг през април 1934 г. А през юни продължава: „Размишлявам по големия въпрос – какво означава $1/137$?“

През същата година, на лекция, която изнася в Цюрих, Паули подчертава колко важно е да се елиминират безкрайностите, които упорито остават в квантовата електродинамика, и насочва вниманието към връзката на теорията с нашето схващане за пространството и времето. Решението на този проблем „ще изисква интерпретацията на числената стойност на безразмерното число 137“.

Какво се беше случило? Защо Паули изведнъж започва да обсъжда своите раз-

мишления върху 137? Може би това е следствие от анализа на Юнг, който е отворил ума му към мистични размишления.

През 1935 г. по-възрастният от Паули и негов ментор в Гьотинген, Макс Борн, който по това време е в Кеймбридж, публикува статия, озаглавена „Мистериозното число 137“. В нея търси причините, поради които според учените 137 има такава мистична власт. Основната причина е, че това число изглежда като начин да се постигне Свещеният Граал на научните знания – връзката между относителността (изучаването на много голямото – вселената) и квантовата теория (изучаването на много малкото – атома).

В статията си Борн обсъжда някои от свойствата, които правят това число „мистично“, и на първо място факта, че макар да е съставено от фундаментални константи с размерности, самото то е безразмерно. То също така е извънредно важно, както знаем, за развитието на вселената. Борн пише: „Ако α беше по-голямо, отколкото е в действителност, ние нямаше да сме в състояние да различаваме материята от етера [вакуума, нищото] и нашата задача да разберем природните закони би била безнадеждно трудна. Обаче фактът, че α има точно стойността $1/137$, със сигурност не е случаен, а самият той е природен закон. Ясно е, че обяснението на това число трябва да бъде централен проблем на естествознанието.“

През 1953 г., на стогодишнината на ЕТН (Швейцарски Политехнически Институт) Паули говори пред огромна аудитория в главната лекционна зала на Физическия факултет на тема „Проблеми на съвременната физика“. Противно на обичайния си стил той говори с предварително подготвен ръкопис. Това обаче го затруднява – той със замах бута ръкописа настрана и започва да говори с голяма страст и въодушевление. Патосът на неговото слово е жизнено важното значение на константата на фината структура и също така колко непробиваем проблем представлява тя. Тази константа не просто сочи как два електрона взаимодействат помежду си, нито е просто константа, която трябва да бъде измерена; онова, което учените трябва да направят, е „да я възприемат като един от най-основните проблеми на теоретичната физика“. Следват бурни ръкопляскания.

Разбирайки фундаменталното значение на константата на фината структура за обяснението на спектралните линии в атомната физика и на взаимодействието на електроните със светлината, Паули и Хайзенберг твърдо са решили да я изведат от квантовата теория, вместо да я въвеждат от самото начало. Те вярват, че ако биха могли да намерят такъв вариант на квантовата електродинамика, който би позволил да се изведе константата на фината структура, тогава този вариант не би съдържал безкрайностите, които загрозяват техните теории. Но нищо не помага. Дълбоките проблеми, които спъват физиката – не само как да се изведе константата на фината структура, но и как да се обяснят масите на елементарните частици, – остават нерешени и до днешно време.

През 1985 г. известният с острия си и правдив език американски физик Ричард Файнман, след като е изучил философските и научни статии на Едингтън върху 137, пише в своя неподражаем маниер:

„Константата 137 си остава загадка, откакто е открита преди повече от петдесет години и всички добри физици теоретици я записват високо на стената си, чудейки се какво да я правят. Човек веднага се запитва откъде идва това число... Никой не знае. Това е една от *най-великите* проклети мистерии на физиката: *магическо число*, което пада върху нас, без никой човек да го разбира.“

Магическото число 137

И така, откъде идва това магическо число? Как Зомерфелд, който го е открил, е стигнал до него? За да надзърнем в неговия мисловен процес, трябва да направим кратко математическо отклонение.

Разсъждавайки върху структурата на спектралните линии, Зомерфелд тълкува по различен начин ключовото уравнение в теорията на атома като миниатюрна слънчева система. Това уравнение е:

$$E_n = -Z^2 (2.7 \times 10^{-11} \text{ ergs}) / n^2.$$

Това е уравнение за енергетичното ниво на единичен електрон в най-външната орбита на атома, какъвто например е електронът във водороден атом или в алкалните атоми – водородоподобна структура, в която те имат един свободен електрон за химични реакции, докато всички останали са в запълнените орбити (Паули ги е изучавал в работата си върху принципа на забраната). Уравнението показва, че енергията на електрона в една определена орбита се определя с цялото число n . Z е броят на протоните в ядрото; знакът минус показва, че електронът е свързан вътре в атома. Величината $2.7 \times 10^{-11} \text{ erg}$ се определя от начина, по който зарядът на електрона e , неговата маса m и Планковата константа h участват в уравнението:

$$2.7 \times 10^{-11} \text{ ergs} = 2\pi^2 m e^4 / h^2.$$

Това също така е енергията на електрона в най-ниската орбита ($n = 1$) на водородния атом ($Z = 1$).

Зомерфелд решава, че математиката в първоначалната теория на Бор трябва да бъде поизчистена. Неговата блестяща идея е да включи относителността в новата математическа формулировка, така че масата на електрона и енергията да са еквивалентни в съответствие с $E = mc^2$. Резултатът е:

$$E_{n,k} = -\frac{Z^2}{n^2} \left\{ 1 + \left(\frac{2\pi e^2}{hc} \right)^2 \left[\frac{n}{k} - \frac{3}{4} \right] \right\} (2.7 \times 10^{-11} \text{ ergs})$$

В това ново уравнение добавъчното квантово число k сочи възможните допълнителни електронни орбити и дава възможност на един електрон да прави допълнителни квантови прескоци от орбита на орбита. Следователно това позволява на атома да има допълнителни спектрални линии – фина структура.

В равенството за $E_{n,k}$ се появява допълнителен член, в който множителят $2\pi e^2/hc$ не е бил виждан никога по-рано. Зомерфелд определя неговата стойност: 0.00729. Той се досеща, че това число определя мащаба на разцепването на спектралните линии, т.е. на фината структура на атома, и го нарича константа на фината структура.

Тази константа е в уравнението, защото е вътре в атома, тя е част от съществуването на атома, от неговите спектрални линии и тяхната фина структура. Физиците вече са знаели за съществуването на фината структура, те бяха измерили свързаното с нея разцепване на спектралните линии, но не са имали уравнение, което да го описва и да се съгласува с експеримента. Сега вече те го имат:

$$E_{n,k} = -\frac{Z^2}{n^2} \left\{ 1 + \left(\frac{1}{137} \right)^2 \left[\frac{n}{k} - \frac{3}{4} \right] \right\} (2.7 \times 10^{-11} \text{ ergs})$$

Това уравнение, включващо 137, идеално описва фината структура, наблюдавана при експериментите.

Не само учените, но още много други са се борили със 137. За начало да посочим, че 137 може да се изрази посредством π по няколко различни начина:

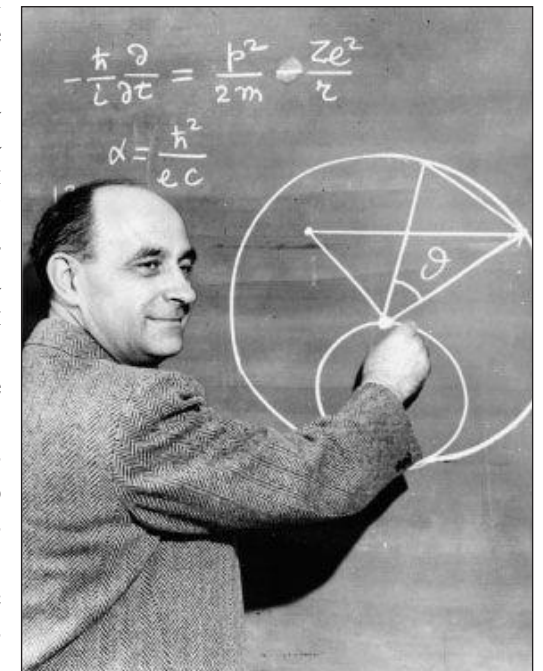
$$1/\alpha = 8\pi(8\pi^5/15)^{1/3} = 137.348$$

$$1/\alpha = (8\pi^4/9)(2^{45}/\pi^5)^{1/4} = 137.036082.$$

Числото 137 може да се представи също така посредством числата на Фибоначи, числата на Люка и Златното сечение, чрез дяволски сложни комбинации от „магически числа“ като 22 (първите 22 човешки хромозоми), 23 (броят на хромозомите от всеки родител), 46 (броят на двойките хромозоми на всеки човек), 64 (броят на възможните стойности за 20-те аминокиселини в ДНК), 92 (броят на намиращите се в природата елементи в периодичната таблица и т.н. За съжаление, това са все чисти съвпадения без никаква научна основа. Числото 137 продължава да мъчи хората. То се е превърнало в нещо като култ, който съблазнява иначе нормални хора да търсят мистични истини и да развиват фантастични теории.

Дори Хайзенберг за известно време се е увличал от това. В писмо до Бор от 1935 г. той съобщава, че „си е поиграл“ с константата на фината структура и я изразява като $\pi/2^{43}$. Той обаче бързо добавя: „но другото изследване върху нея е по-сериозно“, имайки пред вид опитите му съвместно с Паули да изведе 137 от квантовата електродинамика.

Много години по-късно Енрико Ферми – ученият, който кръсти неутриното, слабо взаимодействащата частица, предсказана



Фиг. IV.2. Енрико Ферми с неговото грешно уравнение за константата на фината структура

от Паули, – бил помолен да позира за снимка. Той заел мястото си пред черна дъска, на която написал константата на фината структура – но погрешно. Вместо $2\pi e^2/\hbar c$ той написал $\hbar^2/ec$ (където $\hbar \equiv h/2\pi$). Това била чудесна шега, но шега, разбираема само за учените. Тази шега обаче се превърнала в бумеранг, когато същата снимка била използвана за възпоменателна марка след смъртта на Ферми. Така той завинаги е уловен пред грешно написаното равенство

Удивително е, че 137 изниква също така в съвършено различен контекст. През 1950-те години Паули се сприятелил с Гершом Шолем – изтъкнат познавач на еврейския мистицизъм. Когато бившият ученик на Паули, Виктор Вайскопф, заминал в Йерусалим, Паули му заръчал да се срещне с Шолем, но не споменал нищо за собствения си интерес към еврейския мистицизъм. Шолем попитал Вайскопф кои са дълбоките нерешени проблеми на физиката. Вайскопф отговорил: „Е, главно онова число 137“.

Очите на Шолем светнали. „Знаел ли си, че 137 е числото, свързано с Кабалата?“

В древния иврит числата са се изписвали с букви, като на всяка буква от ивритската азбука отговаряло определено число. На буквите, използвани за написването на думата Кабала, съответстват числата 5,30,2 и 100, така че тяхната сума е 137! Това е забележителна връзка между мистицизма и физиката. Двете ключови думи в Кабалата са „мъдрост“, чиято числена стойност е 73, и „пророчество“ (64), а $73 + 64 = 137$. Също ключовата библейска фраза „Бог на истината“ (Исая, 65:16), изразена в числа, има сума 137.

Числото 137 продължава да пали въображението на хората – от учени и мистици до окултисти и хора от най-различни слоеве на обществото.

Последното предизвикателство

След края на Втората световна война Хайзенберг и Паули възобновяват своята научна кореспонденция. Но, както изглежда, дните на тяхното сътрудничество и на честа обмяна на писма са били към своя край. Все пак по време на войната те са се оказали



Фиг. IV.3. Хайзенберг и Паули през 1957 г. (обсъждат своята обединена теория на полето)

в два противоположни лагера. Репутацията на Хайзенберг е накърнена от факта, че той е останал в Германия и е приел да сътрудничи в германския проект за атомна бомба. А повечето негови следвоенни колеги, разбира се, са били ангажирани в проекта Манхатън. Даже авторитетът на Хайзенберг не можел да изтрие това петно.

Но през 1957 г. Хайзенберг пише на Паули, че разполага със зародиша на теория която би могла да обясни масите на елементарните частици, а така

също повечето от симетриите. При една предварителна проверка той почти успял да изведе константата на фината структура от своята нова теория. Неговите пресмятания давали за резултат $1/250$, което не е чак толкова далеч от $1/137$ – също както $1/3$ не е така далеч от $1/4$, макар че 3 е далеч от 4. Това било удивително – при положение, че теорията на Хайзенберг била само в предварителен стадий. Затова Паули незабавно приел предложението на Хайзенберг да се присъедини към неговия проект.

„Никога преди това или след това не съм виждал [Паули] така възбуден във връзка с физиката“ – спомня си по-късно Хайзенберг. Изглеждало така, като че ли са се върнали старите дни. Дватама гиганти на квантовата физика отново ще работят заедно.

„Картината непрекъснато се мени. Всичко е в движение. Още няма нищо за публикуване, но всичко трябва възхитително да се получи“ – пише Паули оптимистично на Хайзенберг в началото на 1958 г. „Това е нещо могъщо... Котката все още е във от чувала и вече показва ноктите си: разпределение на редукцията на симетрията. Аз се изправих пред нея с моята антисиметрия – дадох ѝ възможност за честна игра, при което тя замлъкна... Щастлива Нова година! Нека достойно да я посрещнем. Още сме далеч от набелязаната цел. Имаме да извървим още дълъг път“.

Хайзенберг също е възбуден. Според него тази теория би била кулминацията на творческия му път. През изминалите години той е буквално омаян от мощния потенциал на математиката да вниква във физическия свят и да го обяснява. А той знае как да я използва. „Забележително съчетание на дълбока интуиция с математическа виртуозност доведе Хайзенберг до блестящи открития в квантовата механика.“ – пише негов колега. Те включват принципа на неопределеността; първите стъпки към разгадаването на силата, която свързва ядрото; както и неговите опити да създаде последователна теория на електроните и светлината, известна като квантова електродинамика.

Теорията, върху която започва да работи заедно с Паули, е точно тази, която Хайзенберг търси. „Последните няколко седмици бях в непрестанна възбуда“ пише той на балдзата си Едит през януари 1958 г. През последните пет години опитвам с големи усилия да намеря пътека към един още непокорен фундаментален връх на атомната теория. И сега, когато върхът е право пред мен, цялата панорама на взаимовръзките в атомната физика внезапно и ясно се разкри пред очите ми. А това, че тези взаимовръзки проявяват, при цялата си математическа абстрактност, една невероятна степен на простота, е дар, който можем само със смирение да приемем. Даже Платон не би могъл да повярва, че те са така красиви. Защото тези взаимовръзки не биха могли да се измислят – те съществуват от самото сътворение на света.“

Не е изключено Хайзенберг да е виждал в това своя шанс да се реабилитира, да остави зад себе си факта, че е бил водач в проекта за германска атомна бомба.

Паули и Хайзенберг написват съвместна статия, която Паули се канел да изнесе като лекция при предстоящото си посещение в Съединените щати през същия януари. Преди да замине, той пише на Аниела Яфѐ. Съобщава ѝ, че е затънал до гуша в работа съвместно с Хайзенберг върху „една нова физико-математическа теория на най-малките частици“.

Темпото на тяхната работа е така голямо, че писмата им често не са достатъчно бързи. Телефонната линия между Цюрих и Мюнхен, където се е установил Хайзенберг, непрестанно е в действие. За Паули тяхното изследване е толкова фундаментално, че той вижда в него присъствието на Юнг. Макар че той и Хайзенберг са твърде различни, в писмо до Яфѐ той ще напише: „ние сме в лапите на един и същ архетип“ – това е симетрията на отражението, в пълния смисъл на *CPT* отражението. „Директор *Spiegler!* [Отражател] ми диктува какво да пиша и да пресмятам“.

Той се надява, че „новата година ще завари една красива теория, която ще огрее света“. Видял е даже сън за това. Паули влиза в някаква стая и там намира момче и момиче. Той извиква: „Франка, тук има две деца!“ Паули се е видял с Хайзенберг само преди три дена и е разтълкувал децата като новите идеи, които се надява, че ще възникнат от тяхното изследване. От факта, че децата са две, той прави аналогия със своя „огледален комплекс“.

Работата би могла да се разглежда като реализация на несъзнаваното и „по-конкретно – като реализация на ‘Аз-а’ (в Юнговия смисъл)“. Това е нещо, което Паули е търсил в продължение на години – физиката и психологията на несъзнаваното като огледални образи, сценарий, който е разрушен от нарушаването на огледалната симетрия (нарушаване на четността), но е възстановен от *CPT* симетрията – откритието на Паули от 1955 г., което все още го екзалтира.

На 1 февруари 1958 г. лекционната зала на Физическия факултет в Колумбийския университет е претъпкана от над триста души. Те са жадни да чуят великия Паули, който ще говори за теорията, създадена от двамата гиганти на квантовата теория. Присъстват Нилс Бор, Роберт Опенхаймер, Цундао Ли, Ченнин Ян, Чиен Шиунг Ву. Атмосферата е наелектризирана. Но височайшата част от публиката е настроена предимно критично спрямо новата теория, макар че критичните бележки са направени в приятелски тон. Ключова теза в теорията е как се разпадат елементарните частици и как се превръщат в други частици. Докато Паули пише уравненията на черната дъска, Ейбрахам Пайс, изтъкнат физик и приятел на Паули, вдига ръка и изказва възражение: „Но професор Паули, тази частица не се разпада по такъв начин“. Паули спира да пише. Настава продължителна тишина. След което Паули промълвя: „Ще трябва да се свържа с моите приятели в Гьотинген за това“, разбирайки преди всичко Хайзенберг. Както си спомня Ц.Д.Ли, „Тишината обгърна залата“. Други също посочват пропуски в математическите доказателства. Паули продължава лекцията си, но настроението вече не е същото.

По едно време Бор и Паули се гонят около дълга маса в предния край на залата. Всеки път, когато Бор излиза отпред с критични бележки, той завършва с думите: „Това не е достатъчно налудничаво.“ И всеки път, когато Паули му отговаря, той заявява: „Това е достатъчно налудничаво“. Тази сценка се повтаря няколко пъти и публиката избухва в овации.

Ян си спомня: „Всички ние бяхме много внимателни, но Паули беше видимо обезкуражен...Беше очевидно, че изведнъж беше охладнял към тази теория“. Ян живо

си спомня колко натъжен е Паули, когато след лекцията пътуват в колата на Ли към ресторанта. „Паули се люшкаше напред-назад на седалката и мърмореше нещо, което ми звучеше като: ‘Колкото повече говорех за теорията, толкова по-малко вярвах в нея’ Бях много натъжен“. А физикът Фрийман Дайсън, от Института за авангардни изследвания, коментира, че това е било „като да гледаш как умира благородно животно“.

И така, какво се беше случило? Как е могъл Паули да бъде така ентусиазиран по този нов подход, а след това изведнъж и напълно да го отхвърли? Когато се изнася лекция върху някакъв предмет, този предмет може да бъде видян в напълно нова светлина. Така че вероятно именно това се е случило. Внезапно той е осъзнал, че теорията изобилства на пробойни. Обземат го съмнения относно работата му с Хайзенберг.

На следващия ден Паули изнася лекция пред Американското физическо общество в Ню Йорк. Това е най-голямото и най-значителното годишно събиране на физици от целия свят. Този път критичните бележки на по-младото и по-агресивно поколение на американските физици са значително по-остри. Ли няма сили да си наложи да присъства на това.

Оттам Паули заминава за Калифорния, където Файнман не беше се притеснил да каже на великия Бор, че е идиот. И там публиката посреща лекцията с безжалостна критика. Паули постепенно разбира, и по-късно пише на Хайзенберг, че „е нужно нещо свършено ново или с други думи нещо много ‘налудничаво’“, ако те двамата искат да разгадаят мистерията на масите на елементарните частици

Разочарован, Паули се нахвърля върху изчислението на Хайзенберг, което дава за константата на фината структура стойността $1/250$ – същата тази стойност, която по-рано той беше приел като многообещаваща и която беше изиграла роля за решението му да се присъедини към проекта на Хайзенберг. Паули пише на Фирц с горчивина: „Никога не съм я смятал за правилна. Тя е напълно безсмислена.“

Малко по-късно сътрудникът на Хайзенберг в тези изчисления, Ренато Асколи, си спомня, че въз основа на теорията на Хайзенберг първоначално той е получил за константата на фината структура числото 8. „Едва след като Хайзенберг ѝ побая, нейната стойност беше редуцирана до $1/250$ “.

По-късно през същия месец Хайзенберг изнася лекция в своя институт в Гьотинген върху съвместната му работа с Паули. Залата е препълнена. Великият Хайзенберг ще разкаже теорията, която може да обясни поведението на всяка елементарна частица в света с помощта на само едно уравнение – „световна формула“, – което несъмнено ще се окаже заплетена и извънредно технична математика.

Разпространено е съобщение, гласящо (по твърде обиден за Паули начин): „Професор Хайзенберг и неговият асистент, В.Паули, откриха основното уравнение на Космоса“. Историята е подхваната от вестниците по света. Паули дава воля на гнева си в писмо до Джордж Гамов, физик и шегаджия, който през 1932 г. превел и илюстрирал закачките на Мефистофел в института на Бор. Паули писал в този дух, като нарисувал празна рамка с надпис: „С това показвам, че мога да рисувам като Тициан – липсват само техническите подробности“ – намек за новите дрехи на краля¹⁾

Паули помолил Гамов да не публикува неговия коментар, но в раздражението си от обидното вестникарско съобщение за Хайзенберг добавя: „моля те да го покажеш на други физици и да стане известно между тях“. Гамов несъмнено е направил това. Седмица по-късно Вайскопф пише на Паули относно вестникарското съобщение и добавя, че го е прочел, знаейки вече коментара на Паули за Тициан.

Като комбинира известното увлечение на Паули по 137 с увлечението на Хайзенберг по неговата нова теория, колега физик пише шеговито на Паули: „Щом като уравнението на Хайзенберг по предположение описва всичко, (виж например *Ню Йорк Хералд Трибюн*, том 137, с. i/137), то едно от неговите решения е самият Хайзенберг“. Паули отговаря: „Колкото до Хайзенберг, аз имам усещането, че ситуацията явно го поглъща; със сигурност му е нужна почивка.“ Проблемът как да се опишат свойствата на елементарните частици остава открит. Паули резюмира ситуацията по следния начин: „Много въпроси, никакви добри отговори“.

В действителност Паули е бил разярен. Той пише на Ву относно Хайзенберговия „лош вкус“ във връзка с вестникарските съобщения: „В някои от тях аз за беда съм споменат..., но за щастие само в „скромната“ форма на вторичен (или третичен) помощен персонаж на Супер-Фауст, Супер-Айнщайн и Супермен Хайзенберг“.

Паули по всяка вероятност се е чувствал облекчен от това, че не е споменат като много близко свързан с грешните схеми на Хайзенберг. Той припомня на Ву своите надежди, своите сънища и своите стремежи от времето преди тридесет години, когато те с Хайзенберг са били млади и Хайзенберг е разчитал на критиката и вдъхновението на своя приятел. Сега Паули вече не понася това: „Стремежът на Хайзенберг към публичност и ‘слава’ изглежда ненаситен, докато аз в това отношение съм напълно удовлетворен. На мен ми е нужно само нещо от науката, което достатъчно да ме интересува и с което мога да се забавлявам (без да съм герой в центъра на ‘световното’ внимание). Обратното по своя характер поведение на Хайзенберг, с което той явно търси начин да компенсира свои предишни провали, може да има много причини, съдържани в цялата история на неговия живот“.

Няма съмнение, че последните думи са намек за ролята, която Хайзенберг е играел по време на Войната.

Скоро след това Паули се оттегля от сътрудничеството. Хайзенберг упорито продължава да дава обещания за чудесата, които би сътворила неговата теория. „Той вярва, че ако публикува заедно с мен, тогава отново ще стане 1930 г.! Бях много притеснен от това как той тича подир мен!“ – пише Паули на Фирц през месец май.

През юли Паули председателства сесия на конференция в ЦЕРН, на която по програма трябвало да докладва и Хайзенберг. Паули представил Хайзенберг с думите: „Това, което сега ще чуете, е само сурогат на някои фундаментални идеи“. А после продължава, като отправя апел към публиката: „не се смейте на неподходящите места, ха, ха, ха...“ Публиката вече се гърчела от смях. Паули оставил Хайзенберг да довърши изложението си, след което го подложил на разгромяваща критика.

Когато Паули и Хайзенберг се срещнали отново през същото лято, Хайзенберг

забелязал, че Паули изглеждал обезсърчен. Паули го окуражил да продължи своята работа и му пожелал успех, но добавил: „Колкото до мен, то аз трябва да се оттегля, просто нямам сили и толкова. Нещата се измениха твърде много“.

Възможно ли е големият критик да е срещнал своя майстор при разгромяващата критика, с която е посрещнат в Америка? Да бъдеш сам обект на такава критика трябва да е било разтърсващо. Хайзенберг се опасявал, че това може да се случи с Паули, „когато в сегашното му настроение на екзалтация той се натъкне на трезвия американски прагматизъм.“ Също и Франка е забелязала този пробив в бронята на Паули, който той дотогава успешно е скривал: „Той беше много лесно раним и затова би допуснал завесата да се спусне. Опитва се да живее, без да приема реалността. Откъсването му от света произтичаше тъкмо от убеждението му, че това е възможно“.

Но има нещо друго, което довежда Паули до точката на душевно изтощение. Той се е развивал, работейки в сътрудничество с Хайзенберг. Тяхната нова теория притежава всички привлекателни черти, които според него трябва да притежава една теория: висока степен на математическа симетрия, а също юнгиански смисъл, представлявайки не само първа стъпка към обединена теория на елементарните частици, от която един ден да бъде изведена константата на фината структура, но също теория на разума.

Както винаги е постъпвал, Паули тълкува провала на теорията като персонален провал. Колкото и гениален да е бил, той отново се е провалил. Онези, които са го виждали през есента на 1958 г., си спомнят, колко покрусен е изглеждал той.

През същата година Паули казва на един интервюиращ: „Когато бях млад, аз мислех, че съм най-добрият за времето си в математическия формализъм. Вярвах, че съм революционер. Когато изникваше голям проблем, аз бях този, който го решава и който пише за него. Но аз бях не революционер, а представях класиката.“

Започва да пише писма, с които като че ли казва „сбогом“.

Една различна страна на Паули

Не всичко е било покруса. По време на посещението си в Съединените щати през същата година Паули отива в Харвард. В делегацията, която го посреща, е Рой Глаубър. През 1950 г. Глаубър бил аспирант в ЕТН (Швейцарския Политехнически Институт) и негов ръководител бил Паули. „Паули...беше легендарна фигура още от ранната си двадесетгодишна възраст. Част от тази легенда, както добре знаел и самият Паули, е приписвана на ролята му на критик, невинно доброжелателен, на работите на своите колеги. Затова никой, който знаеше Паули, трябва откровено да се каже, не можеше в негово присъствие да пребори чувството си на защитна реакция“ – спомня си той много години по-късно.

Малко след пристигането си в Цюрих младият Глаубър заедно с останалите ученици на Паули отиват на екскурзия в планината. Изкачват се по виещи се стръмни пътеки до красивото езеро Фирвалдшетер. „Въпреки доста пълната си фигура Паули поддържаше енергично темпо“. Готвейки се за пикник, Глаубър взел със себе си камера, която фотографите на пресата от 1940-те и 1950-те години много харесвали. Камерата висяла на рамото му, окачена на каишка. Не бил взел много филмчета. А



Фиг. 4. Паули рита
футболна топка; 1950 г.

Паули почнал да му се подиграва: „Винаги мъкнеш със себе си тази ужасна камера“ – повтарял той, „но не правиш никакви снимки“. После гръмко се смеел.

Към края на деня част от хората отишли да поплуват в езерото, а други започнали да играят футбол. Паули ритнал топката в езерото, така че трябвало някой да плува, за да я вземе. Паули се смеел гръмко всеки път, когато ритвал топката все по-навътре в езерото.

Твърде съблазнително било да се снима как Паули рита топката, но Глаубър имал останал само един кадър. Опитвайки да не привлича вниманието на Паули, той монтирал камерата, настроил на фокус и възможно най-дискретно дал знак на приятел да ритне топката към Паули. Изведнъж камерата го цапардосала право в лицето. Вместо в езерото Паули решил този път да се цели в камерата на Глаубър. Последвал бурният смях на Паули.

Глаубър обаче все пак успял да го заснеме. „Паули“ – казва той – „никога не изключваше елемента на късмет в пакостливите си шеги“.

Докато Глаубър все още бил в ЕТН, неговата майка веднъж написала писмо на Паули, в което му се оплаквала, че синът ѝ никога не прашал писма до дома си. Оттогава, колкото пъти Паули виждал Глаубър, винаги го запитвал на висок глас: „И как е милата ти майка?“.

През 1958 г., когато Паули посетил Харвард, Глаубър бил нащрек. За негово облекчение Паули го поздравил топло и през цялото време не казал нищо за майка му. „Да благодаря на Бога, че е забравил за моята майка“, казал Глаубър, след като Паули си тръгнал. А Паули вървял заедно с Вайскопф към неговата квартира в Кеймбридж. Първото нещо, което казал, след като се отдалечили на достатъчно разстояние, било: „Този път изиграх Глаубър – не казах нищо за майка му.“

Почти идеална сфера

Същата година Паули присъствал на Солвеевската конференция в Брюксел в качеството си на почетен заместник президент. Там той заедно с Франка поканил космолога Фред Хойл и неговата съпруга на обяд.²⁾ Поласкан, Хойл с удоволствие приел. Той нямал търпение да разбере подробностите на една история с Паули, която държел в ума си от няколко години, а именно за това как през 1920 г., след лекция на Айнщайн върху относителността, Паули е имал дързостта да каже на аудиторията, че „това, което професор Айнщайн разказа, не е чак толкова тъпо.“

Но и Паули имал свой собствен дневен ред. „Аха“, провикнал се той „аз току-що прочетох твоята новела *Черният облак*. Мисля, че тя е много по-добра от твоите ас-

трономически работи“. Хойл неотдавна бил предложил теория, в която се твърдяло, че вселената около нас винаги е съществувала точно такава, каквата я виждаме. Нарекъл я „теория на стационарната вселена“, за да я различава от теорията, наречена подигравателно от него „теория на големия взрив“, т.е. че вселената е възникнала в един специален момент от времето и е еволюирала в това, което днес виждаме. Паули никак не бил впечатлен от теорията на Хойл.

Той казал на Хойл, че и той, и Юнг внимателно са прочели новелата му и че той подготвя критичен отзив за нея. Хойл бил озадачен. В края на краищата това бил само един разказ за това как някаква интелигентна форма на живот се научава да общува със земляните. Той никога не е допускал, че това произведение заслужава такъв дълбок анализ.

Най-после Хойл имал шанса да запита Паули относно историята с Айнщайн. „Моят жив спомен за Паули“ – пише той, е за она неудържим смях, който го обзе при споменаването на младежкия му коментар за Айнщайн. Той като топка се търкаляше напред-назад – почти като идеална сфера“. Но Паули не казал повече нищо. „Така че никога не получих личното признание на Паули, че историята е истинска, но онези, които добре го познаваха, ме уверяваха, че е истинска.“ Друг траен спомен, който Хойл отнесъл със себе си от този обяд, били четирите бутилки от марково вино на масата.

Ефектът на Паули отново поразява

През същата година физикът Енгелберт Шукинг посетил Паули в Цюрих. Заедно с асистента на Паули, Чарлз Енц, и още един колега те взели трамвая от ЕТН към площад Белвю, където планирали да си устроят „мокра сесия“ с изобилие от напитки. Площад Белвю е много натоварено кръстовище, където няколко трамвайни линии се пресичат взаимно по привидно случаен начин. Точно когато стигнали площада, два трамвая се сблъскали буквално пред тях с огромен трясък. Шукинг стоел заедно с Паули до мястото на ватмана. Той си спомня: „Лицето на Паули беше пламнало, когато той възбудено се обърна към мен и възкликна: ‘Ефектът на Паули!’“

Енц разказал на Шукинг за лекция, която Паули изнесъл пред публика от високопоставени правителствени служители в чест на Айнщайн, най-прославения випускник на ЕТН. „Паули четеше от свой ръкопис. Когато забелязваше грешка в текста, той спираше на половин изречение, изваждаше перодръжката си, поправяше грешката и продължаваше нататък, без да обръща внимание на гърчещата се от смях публика.“ Това беше негов стил на преподаване, който той беше запазил през цялата си кариера.

През ноември същата година Паули бил в Хамбург. Шукинг излязъл заедно с него на разходка. Както вървели покрай един тресавищен бряг на река Елба, Паули казал няколко пъти колко доволен е, че е изтеглил името си от статията с Хайзенберг.

На 5 декември 1958 г., в петък, Паули преподавал на своята следобедна група. Изведнъж усетил страшни болки в стомаха. До този момент нямал никакви оплаквания. На следващия ден бил откаран в болницата на Червения кръст в Цюрих. Чарлз Енц го посетил на следващия ден. Паули бил видимо възбуден. Попитал Енц дали е забелязал номера на статията.

„Не“, отговорил Енц.

„Номерът е 137!“ изпъшнал Паули. „Никога няма да се измъкна жив оттук“.

Когато го оперирали, лекарите открили масивна карцинома на панкреаса. Паули умира в стая 137 на 15 декември. Неговата последна молба била да говори с Карл Юнг.

ПАУЛИ бил кремиран на 20 декември и същия следобед била официалната церемония по погребението в черквата Фраумюнстер на Цюрих, която е от времето на Каролингите. Церемонията била нерелигиозна. Слово произнесли Нилс Бор, Маркус Фирц, погребалният агент Адолф Гугенбул, нелоялният колега на Паули, Паул Шерер³⁾, и бившият му асистент Виктор Вайскопф. Франка организираща погребението. Между многото присъстващи бил довереникът на Паули, Паул Росбауд. На Юнг, вече на осемдесет и две години, било отредено място в задните редици. Въпреки многогодишното им сътрудничество и близко приятелство с Паули, той не бил поканен да произнесе слово.

Отсъстваща знаменитост бил Хайзенберг. ЕТН пратил покана на Хайзенберг на 16 декември, с което му осигурявал достатъчно време да пътува от дома си в Мюнхен до Цюрих, за да поднесе последна почит на човека, с когото са били многогодишни приятели и сътрудници и който е стимулирал много от най-големите му открития. Но Хайзенберг не си дава даже труда да напише съболезнователно писмо на Франка, а предоставя това на жена си. В писмото си тя казва, че Хайзенберг чете философските съчинения на Паули, но поради коледните празници те са твърде заети и не могат да присъстват.

Трудно е за вярване, че Хайзенберг е можел да пренебрегне по такъв начин своя приятел. Въпреки последните им неразбирателства, той би могъл да забрави всичко това и да присъства на погребението. Единственото разумно обяснение вероятно се съдържа в автобиографията⁴⁾, която Хайзенберг написва десетилетие, след като Паули разгромява теорията, с която той така се гордеел. „Отношението на Волфганг към мен беше почти враждебно“, пише той за този епизод. „Той критикуваше много от детайлите в моя анализ, като в много случаи тази критика ми се струваше неоснователна“. Възможно е Хайзенберг никога да не е забравил тези неща. Страстта, с която тези хора са се отнасяли към техния кумир – физиката, – далеч надхвърля прага на смъртта.

Херта също не е присъствала на погребението на брат си. Възможно е да са я затруднявали разнските по пътуването; възможно е тя да е искала да запомни Волфганг такъв, какъвто е бил; а възможно е да не се е чувствала удобно в близост до Франка. Херта се омъжила за Е.Б.Аштон, емигрант от Мюнхен и професионален преводач, който сътрудничел с нея за няколко от книгите й. Както тя си спомня, „ние решихме, че той ще остане моя ‘по-добър английски език’ и се оженихме през 1948 г.“. Както Франка се изразява язвително, „тя се омъжи за своя преводач“. Двойката живяла щастливо в голяма селска къща в Хънтингтън, Лонг Айланд. Подобно на брат си, Херта не е имала деца. Тя публикувала няколко биографии и исторически изследвания освен книгите си за деца на католически теми. През своята плодотворна кариера тя става

изтъкнат член на PEN – световната асоциация на писатели – и през 1967 г. е наградена от правителството на Австрия със сребърен Медал на Честта. Херта умира през 1973 г. – десет години преди съпруга си. Прахът им е погребан в семейния гроб във Виена, близо до мястото, където тя и Волфи са израстнали.

Прахът на Паули е погребан в гробището на града, в който е живял, Цоликон, между Цюрих, където е ЕТН, и Кюснахт, където той често посещавал Юнг в неговия готически палат – двете места, които символизира неговите два свята – на физиката и на психологията.

Франка се заинтригувала от историята, която Енц разказва за стая 137. Паули никога не й е казал нито дума за това мистериозно число. Франка пратила писмо на Абдус Салам – физика, когото Паули много уважавал, и го попитала дали той е написал „статия на тема ‘Паули и числото 137’“. Тя добавя: „Странен е фактът, че Волфганг Паули действително умря в стая с номер 137. Хората мислеха, че самият Паули е поискал да бъде в тази стая.“ В действителност първоначално той е бил настанен в друга стая, но е бил преместен в стая 137, без да му кажат къде го преместват.

Фактически Салам е този, който измисля историята как Паули отива на небето и пита Господ да му обясни „защо 137?“. Това е било през 1957 г. – година преди смъртта на Паули. Салам пише на Франка: „това, разбира се, е история, която аз сега не бих повторил“. Той пратил на Франка копие от своята лекция, в която се появява тази история.

Франка отговаря: „Най-после се добрах до писмено и толкова красиво обяснение на това неуловимо число 137. Много ми хареса финалът на историята – преди това не я знаех – как Бог бива убеден, че е допусната грешка. Паули трудно би могъл да се охарактеризира по-добре с толкова малко думи!“

ФРАНКА умира през 1987 г. Трите десетилетия след смъртта на своя съпруг тя прекарва в намиране на подходящи места за неговите книги, документи и кореспонденция. Заедно с това тя прави всичко възможно да забави публикуването на неговата кореспонденция с Юнг. До края на живота си Франка е убедена, че това би накърнило неговия образ на сериозен учен.



Фиг. IV. 5. Паули и Франка, 1936 г.

ЕПИЛОГ: НАСЛЕДСТВОТО НА ПАУЛИ И ЮНГ

ПАУЛИ И ЮНГ са били хора с нестандартно мислене. Паули прави три открития, които променят развитието на науката и нашето разбиране за света: принципа на забраната, неутриното и *CPT* симетрията. Юнг разработва нов начин за изследване на ума, като разширява психоанализата, за да включи също алхимията, мистицизма и религиите на Далечния Изток.

Днес Паули е запомнен с принципа на забраната и легендата за човека, който обичал да тероризира физиците. Помнят го, разбира се, заради неговия необикновен ефект върху механичния инструментариум. През 2000 г. списание *Physics World* (*Светът на физиката*) предлага на учените да гласуват за десетте най-изявени физици на двадесетия век. Паули не получава нито един глас и даже не е споменат. И все пак, освен неговите три бележити открития, неговите дискусии със и съвети към Хайзенберг (който, разбира се, е сред първите в списъка) са неоценими за постигнатите от Хайзенберг резултати, така както и критичните оценки на Паули за трудовете на други колеги. Паули е участник в някои от най-големите постижения на физиката от 20 век, но, както видяхме по-рано, той не би се потрудил да се самоизтъкне и да претендира за признание. Интересува го повече напредъкът на неговата собствена работа и да бъдат придвижени напред границите на науката.

Колкото до Юнг, макар че името му е широко известно сред психоаналитиците и на широката публика, неговите действителни постижения са по-малко известни от неговата личност. В продължение на много години общността на психоаналитиците го пренебрегва заради интереса му към това, което те смятат за окултизъм. Това отчасти се дължи на ожесточените нападки срещу него от страна на кръга на Фройд. По-късно той е подкрепен от движенията New Age (Нова ера), но това не помага особено много, така както не помага неговата предполагаема симпатия към нацизма. Днес има обновяване на интереса към връзката между Фройд и Юнг. Учените се опитват също така да разберат Юнг и неговите трудове в контекста на културата от негово време както при формирането на неговите идеи, така и в неговата практика. За тази цел учените изследват неговите непубликувани трудове и ги подготвят за печат, като се опитват да изяснят какъв в действителност е бил този необикновен човек, който създава цяла нова школа по психология и чиито трудове формират голяма част от основите на психологията във вида ѝ, който днес познаваме.

В днешно време учените – психолози и неврофизиолози – стандартно приемат, че разбирането на ума, включително и на съзнанието, драматично се нуждае от подход, който кръстосва различни дисциплини. Но когато Паули и Юнг стигат до същата тази идея, тя е толкова новаторска, толкова нестандартна, че те са принудени да я държат само за себе си, опасявайки се, че колегите им ще ги вземат на присмех.

Много от събитията, свързани с изучаването на ума, са станали, след като за пръв път се появява техният труд. Някои от учените сега твърдят, че работата на ума би могла да се симулира на компютър. Това отеква с идеите на логическите емпирици от Виенския кръг в началото на двадесетия век.

Неврофизиолози като Антонио Дамазио изследват как частите на мозъка се стимулират от образи или от проблеми. Един от инструментите, които те използват, за да изследват кои секции от мозъка са стимулирани и в каква последователност, е ядрено-магнитният резонанс (ЯМР). Това произвежда изображения на мозъка, получени от начина, по който спиновете на електроните се подреждат в магнитно поле, който начин се тълкува с помощта на четвъртото квантово число на Паули. Друг метод е да се измери увеличеният кислороден поток към определена област от мозъка, което става, когато изследваният субект решава задача. За тази цел изследователят инжектира радиоактивен кислород в кръвоносната система на субекта. Това произвежда позитрони, които се сблъскват с електроните в мозъка и се раждат светлинни кванти, които се регистрират от броячи, поставени около главата на пациента (т.нар. позитронноемисионна томография (ПЕТ)). Това са примери за съюза между физиката и изследването на мозъка, който съюз би могъл да е измислен от самия Паули.

Неврофизиолозите също са получили доказателства за това колко важни са визуалните образи за функционирането на мозъка. Откритото от Паули четвърто квантово число поставя край на конвенционалната представа за атома като миниатюрна слънчева система и принуждава както него, така и Хайзенберг неохотно да се откажат от употребата на нагледни картини. Но Паули се надявал, че някога, по някакъв начин, в една нова теория ще бъде открит използваем визуален образ на атомните процеси. Ричард Файнмановата теория на квантовата електродинамика, формулирана през 1949 г., създаде точно такъв образ. Създадените от Файнман диаграми, изведени от уравненията на неговата нова квантова електродинамика, която беше свободна от разходимостите, направиха невалидна теорията на квантовата електродинамика, създадена през 1930-те години от Паули и Хайзенберг.

Паули добре познавал теорията на Файнман и бил недоволен, защото тя описва само електроните и светлината. В нея не са премахнати безкрайностите от теориите, които съдържат новооткритите елементарни частици, а също онези в теорията на Ферми за слабите взаимодействия; освен това тази теория не може да породи константата на фината структура. Паули обаче се съгласява, че Файнмановата процедура, наречена от физиците „пренормировка“, е в правилната насока. На шега той говори за дадена Файнманова диаграма, като я нарича „сентиментална живопис“.

През последните години Роджър Пенроуз направи смел опит да комбинира неврофизиологията с физиката. Той допусна, че структурите вътре в невроните – т.нар. микротръби, вероятно са вместилището на квантовите изчислителни процедури, съставляващи динамиката, която стои зад мисленето. Но това не са просто логически процедури, защото квантовата физика, която включва принципа на неопределеността и идеята за нееднозначност, въвежда неподдаващ се на дефиниция допълнителен компонент – интуицията. Този елемент не се споменава в нито една от изследователските програми, за които стана дума по-горе, а това е сериозен недостатък. Паули и Юнг подчертават неговото значение, така както правят Айнщайн и други учени, когато си спомнят как са направили своите открития.

Загадката на това как ние разсъждаваме, как мислим – как създаваме знание и как правим изводи, които отиват отвъд предпоставките, – не може да се разреши само с помощта на логиката. Представителите на когнитивната наука прилагат интердисциплинен подход. Той включва симулиране на ума с дигитален компютър; неврофизиология; прилагане на философски идеи към ума (философия на ума); лингвистика (как възникват метафорите и как се използват те); както и визуални образи (как се генерират визуални образи и как те се манипулират при решаването на проблеми). Но те не успяват да включат физиката. И въпреки че прилагат толкова много тежък интелектуален инструментариум за изучаването на функционирането на ума, те също пропускат данни от историята на науката под формата на свидетелства, кореспонденция и други биографични сведения на самите учени.

В тази област осъществено от Паули приложение на психологията на Юнг към мисленето на Кеплер е образцов труд. Привеждането на данни от живота и творчеството на великите учени като материал за прилагане на теориите на психологията е смел и плодотворен метод на изследване.

На свой ред психологията на Юнг може да пролее светлина върху начина, по който Паули осъществява своето първо голямо откритие – принципа на забраната: резултатите от неговото съзнателно мислене стимулират архетипите за три и четири (обединяват ги в констелация – по терминологията на Юнг), които на свой ред стимулират неговото въображение. Юнг също намира, че архетипите са от значение за превръщане на неврозите в творческа сила.

Кое то ни довежда до 137 и натрапчивата идея на Паули да изведе константата на фината структура от квантовата електродинамика. Този проблем не само остава нерешен, но още повече се е разширил. По времето на Паули е имало седем познати фундаментални константи. Сега те са двадесет и шест. Това се дължи на увеличени брой на известните елементарни частици, техните фундаментални взаимодействия и техните свойства. Докато Паули е можел да фокусира вниманието си върху константата на фината структура и квантовата електродинамика, физиците сега се опитват да изведат всичките двадесет и шест от една теория, която би обхващала не само електромагнитното взаимодействие, – което се управлява от константата на фината структура, – но също силните и слабите взаимодействия, а евентуално и гравитационното взаимодействие. Това е амбицията на струнната теория, която наред с други теории има за крайна цел да обясни голямото и малкото, вселената и атома, да създаде теория на всичко.

Бележки на преводача

1) По-точно Паули реагира по този начин на претенцията на Хайзенберг, че по същество теорията е завършена и остават само някои технически детайли.

2) За Фред Хойл виж „СФ“ (2009 г) *Четиво с продължение* (Саймън Митън, *Конфликт в космоса*).

3) Паул Шерер, колега на Паули в ЕТН, се представял за негов приятел, но редовно доносил срещу него (през 1941 г. в писмо до директора на ЕТН писал: „Г-н Паули, естествено, добре си прекарва в Съединените щати, но неговата продуктивност рязко е спаднала“). Паули така и не разбрал за този свой „Яго“.

4) Вж. руския превод: В.Гейзенберг, *ЧАСТЬ И ЦЕЛОЕ – Беседы вокруг атомной физики*, Москва, 2004 (гл. XIX. Единая теория поля (1957-1958)).

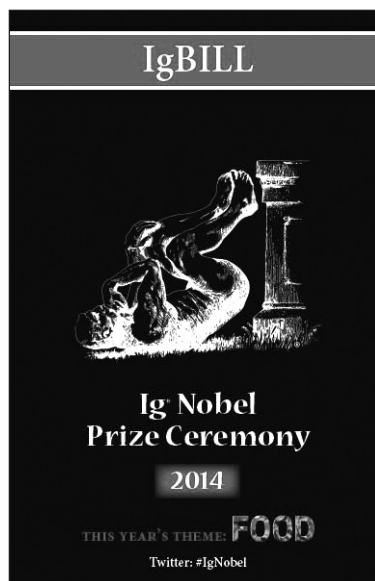
(Arthur I. Miller. **137: Jung, Pauli and the Pursuit of a Scientific Obsession.** W.W. Norton & Co., Inc., New York, London. 2009)

Подбор и превод: **М.Бушев**

Присъединете се към групата на списанието във facebook –
<http://www.facebook.com/worldofphysics>
 за да научавате веднага новините, свързани с физиката

АНТИ-НОБЕЛОВИ НАГРАДИ 2014

М. Замфиров



На 18 септември 2014 г. бяха обявени набиращите все по-голяма популярност Анти-Нобелови награди (Ig Nobel Prizes).

Анти-Нобеловите награди се дават за постижения, които на първо място карат хората да се СМЕЯТ, а след това ги карат да се ЗАМИСЛЯТ. Тези награди имат за задача и да подбудят любопитството на хората и интереса им към науката, както и към други области на живота. Всяка година се раздават десет награди. Победителите пътуват до мястото на церемонията на собствени разноски.

Победителите в Анти-Нобеловите награди са истински, въпреки че може да изглежда точно обратното. Техните постижения са добре документирани.

Всяка година Анти-Нобеловият комитет получава малко под 10 000 номинации, като дори 10% от тях са от хора, които се самономинират, понеже се опитват

да бъдат забавни. Анти-Нобеловите награди са толкова популярни, че вече има учени, които провеждат изследвания само с надеждата да попаднат сред наградените.

Тазгодишната церемония по традиция преминава с разнообразни съпътстващи забавни събития – миниконцерти, приветствени думи (от Анти-Нобелови и Нобелови лауреати) и пр., като централна тема бе „Храна“. Темата е свързана с различни мероприятия, не непременно с някое определено постижение, което е отличено с Анти-Нобелова награда.

Като част от тези събития е премиерата на миниоперата „Какво те яде“. Сюжетът е за една двойка, която решава да престане да яде традиционна храна и да я замени с поглъщането на хапчета, стотици хапчета всеки ден. Трилионите микроби, които живеят в човешкото тяло и са част от него, също фигурират в представлението. Второ и трето действие се развиват, буквално, няколкостотин години след първо действие. По силата на специално споразумение със Sanders Theatre, всичките три действия се играят не само по време на същия век, но и в границите на тазгодишната церемония на Анти-Нобеловите награди. Историята и текстът са написани от главния двигател на тези събития Марк Абрахамс. Това е неговата деветнадесета Анти-Нобелова опера либрето. Музиката е композирана предварително от Волфганг Амадеус Моцарт, германски композитор и консуматор на традиционни храни.

Анти-Нобеловите награди бяха раздадени от Нобелистите Франк Уилчек (Нобелова награда за физика за 2004 г.), Каролин Грейдър (Нобелова награда за медицина

за 2009 г.), Ерик Мъскин (Нобелова награда за икономика за 2007 г.) и Ричард Робъртс (Нобелова награда за медицина за 1993 г.).

Тази година Анти-Нобеловите награди отидоха при следните учени:

Анти-Нобелова награда за физика отива при японците Киоши Мабучи, Кенсей Танака, Дайчи Учижима и Рина Сакаи за *„измерване количеството триене между обувката и банановата кора и между банановата кора и пода, когато човек стъпи върху бананова кора на пода“*.

Японските учени са обяснили защо само при банановата кора се получава този забавен ефект, често използван в анимационните филми, и защо никой не се подхлъзва на обелки от ябълки или мандарина.

Източник: „Frictional Coefficient under Banana Skin“, Kiyoshi Mabuchi, Kensei Tanaka, Daichi Uchijima and Rina Sakai, Tribology Online 7, no. 3, 2012, pp. 147-151.

Анти-Нобеловата награда за неврофизиология отива при канадско-китайския екип Янгганг Лиу, Жун Ли, Лу Фенг, Линг Ли, Ли Тиян и Канг за *„опита им да разберат какво се случва в мозъка на човек, когато види лицето на Исус върху препечена филийка“*.

Екипът доказва, че причините за това се коренят в предразположението на хората да виждат ред в хаоса и затова мозъкът може да „създава“ познати изображения от съвсем произволно разположени петна. Учените доказват, че образите, които мозъкът създава, са и културно обусловени – например малко вероятно е един будист да види Исус върху препечената филийка.

Източник: „Seeing Jesus in Toast: Neural and Behavioral Correlates of Face Pareidolia“, Jiangang Liu, Jun Li, Lu Feng, Ling Li, Jie Tian, Kang Lee, Cortex, vol. 53, April 2014, Pages 60–77. The authors are at School of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, Xidian University, the Institute of Automation Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, and the University of Toronto, Canada.

Анти-Нобел за психология печелят Питър Йонасън, Ейми Джоун и Мина Лиънс за събраните доказателства за това, *„че хората, които стават по-късно, са по-нарцистични, по-манипулативни и психопатни в сравнение с хората, които обичайно стават по-рано сутрин“*.

Източник: „Creatures of the Night: Chronotypes and the Dark Triad Traits“, Peter K. Jonason, Amy Jones, and Minna Lyons, Personality and Individual Differences, vol. 55, no. 5, 2013, pp. 538-541.

Анти-Нобел за обществено здраве отива при учени от чешки, японски, американски и индийски произход – Ярослав Флегр, Ян Хавличек, Житка Линдова, Дейвид Хануър, Нарен Рамакришнан и Лиза Сейфрид за *„изследванията върху това дали е опасно за умственото състояние на човек да притежава котка“*.

Източници: „Changes in personality profile of young women with latent toxoplasmosis“, Jaroslav Flegr and Jan Havlicek, Folia Parasitologica, vol. 46, 1999, pp. 22-28; „Decreased

level of psychobiological factor novelty seeking and lower intelligence in men latently infected with the protozoan parasite *Toxoplasma gondii* Dopamine, a missing link between schizophrenia and toxoplasmosis?“ Jaroslav Flegr, Marek Preiss, Jiří Klose, Jan Havlíček, Martina Vitáková, and Petr Kodým, *Biological Psychology*, vol. 63, 2003, pp. 253–268 и „Describing the Relationship between Cat Bites and Human Depression Using Data from an Electronic Health Record“, David Hanauer, Naren Ramakrishnan, Lisa Seyfried, *PLoS ONE*, vol. 8, no. 8, 2013, e70585.

Анти-Нобел за биология получава международният екип от чешки, немски и замбийски учени – Властимил Харт, Петра Новакова, Ерих Паскал, Сабине Бегъл, Владимир Ханзал, Милош Жежек, Томас Куста, Вероника Немцова, Яна Адамкова, Катерина Бенедиктова, Ярослав Червени и Хинек Бурда за „внимателното проучване и документиране как кучетата уринират и дефекират, като за целта подравняват тялото си по геомагнитните силови линии“.

Източник: „Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field“, Vlastimil Hart, Petra Nováková, Erich Pascal Malkemper, Sabine Begall, Vladimír Hanzal, Miloš Ježek, Tomáš Kušta, Veronika Němcová, Jana Adámková, Kateřina Benediktová, Jaroslav Červený and Hynek Burda, *Frontiers in Zoology*, 10:80, 27 December 27, 2013.

Анти-Нобел за арт-постижения е за италианците Марина Томазо, Микеле Сардарио и Паоло Ливреа за „измерване на относителната болка, която човек изпитва, докато гледа грозна картина, сравнена с тази при гледането на красива картина, като в същото време е обстрелван (в ръката) с мощен лазерен лъч.“

Източник: „Aesthetic value of paintings affects pain thresholds“, Marina de Tommaso, Michele Sardaro, and Paolo Livrea, *Consciousness and Cognition*, vol. 17, no. 4, 2008, pp. 1152-1162.

Анти-Нобел за икономика е за Италианския национален статистически институт (ISTAT), „който с гордост подема инициативата при ротационното мандатно управление на всяка страна-членка на Европейския съюз, всяка държава да увеличи официално размера на националната си икономика чрез включването на средства от данъци върху проституция, незаконна продажба на наркотици, контрабанда и всички останали нелегални финансови транзакции между доброволни участници“.

Източници: „Cambia il Sistema europeo dei conti nazionali e regionali – Sec2010“, ISTAT, 2014 и „European System of National and Regional Accounts (ESA 2010)“, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.

Анти-Нобеловата награда за медицина е за учените от САЩ и Индия – Ян Хъмфрис, Сонал Сараия, Уолтър Биленки и Джеймс Дуоркин за „лечението на ‘не-контролируемите’ кръвотечения от носа с използването на метода ‘Запечатване на носа с парчета консервирано свинско’“.

Източник: „Nasal Packing With Strips of Cured Pork as Treatment for Uncontrollable Epistaxis in a Patient with Glanzmann Thrombasthenia“, Ian Humphreys, Sonal Saraiya,

Walter Belenky and James Dworkin, *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*, vol. 120, no. 11, November 2011, pp. 732-36.

Анти-Нобел за арктически науки отива при германеца Юджин Рьомерс и норвежеца Синдре Ефтештол за „изследването им как северните елени реагират при среща с хора, които са дегизирани като бели мечки“.

Оказало се, че северните елени бягат два пъти по-надалеч от преоблечените като бели мечки хора, отколкото от онези, които носели тъмна планинска екипировка.

Източник: „Response Behaviors of Svalbard Reindeer towards Humans and Humans Disguised as Polar Bears on Edgeøya“, Eigil Reimers and Sindre Eftestøl, *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, vol. 44, no. 4, 2012, pp. 483-9.

Анти-Нобел за наука за храненето е за испанските учени Раquel Рубио, Ана Жофре, Беле Мартин, Тереза Емерих и Маргарита Гарига за тяхната статия, озаглавена „Характеристика на млечнокисела бактерия, изолирана от изпражненията на бебета, като възможна пробиотична начална култура за направата на ферментирани наденици“.

Източник: „Characterization of Lactic Acid Bacteria Isolated from Infant Faeces as Potential Probiotic Starter Cultures for Fermented Sausages“, Raquel Rubio, Anna Jofré, Belén Martín, Teresa Aymerich, Margarita Garriga, *Food Microbiology*, vol. 38, 2014, pp. 303-311.

Източник: <http://www.improbable.com/ig/2014/>

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТОМ XXXVII

– РЕДАКЦИОННО
– РЕДАКЦИОННО
– РЕДАКЦИОННО

НОБЕЛОВИ НАГРАДИ 2014

– М. Замфиров – Нобелови награди за 2014.

НАУКАТА

– И. Тодоров – Айнщайн и Хилберт: създаването на общата теория на относителността;
– И. Веселовский – Тайните на слънчевия вятър;
– И. Кирякова, Ю. Генова – Методи за формиране на липидни везикули;
– Херман Бателаан, Акира Тонумура – Ефекти на Ааронов-Бом: вариации на една нетривиална тема;
– Чарлз Дей – Изчисление, продължило месец, разрешава 82-годишен квантов парадокс;
– Е. Вълчева – Сините светодиоди: в края на полупроводниковата революция;
– И.С.Веселовский – Откривател на космическите частици. 100-годишнина от рождението на академик С. Н. Вернов;
– И.С. Веселовский – Средата, в която „обитава“ Земята.

ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

– Станчо Димиев – Интуиция и концептуалност;
– М.Ф. Атия – Как се прави изследователска работа.

ИСТОРИЯ

– Л. Бадаш – Мария Кюри: в лабораторията и на бойното поле;
– В. Борисов – Джорж Кистяковски: в Харвард, Лос Аламос и Белия дом;
– Н. Балабанов – Забележителни годишнини през 2014 година;
– Е. Наджакова – Спомени на акад. Г. Наджаков на тема „Наука и учени“;

CONTENTS OF VOL. XXXVII

– EDITORIAL.....125
– EDITORIAL.....249
– EDITORIAL.....369

NOBEL PRIZES 2014

– M. Zamfirov – Nobel prizes for 2014371

THE SCIENCE

– I. Todorov – Einstein and Hilbert: The creation of general relativity.....1
– I. Veselovsky – The Secrets of Solar Wind.....15
– I. Kiryakova, J. Genova – Methods for the formation of lipid vesicles.....30
– Herman Batelaan and Akira Tonomura – The Aharonov-Bohm effects: Variations on a subtle theme127
– Charles Day – Month-long calculation resolves 82-year-old quantum paradox253
– E. Valcheva – The blue LEDs: at the end of the semiconductor revolution373
– I.S. Veselovsky – The discoverer of the cosmic particles: 100 years since the birth of S.N. Vernov381
– I.S. Veselovsky – The environment in which the Earth reside.....383

PHYSICS AND MATHEMATICS

– Stanko Dimiev – Intuition and conceptuality304
– M.F. Atiyah – How Research is Carried Out421

HISTORY

– L. Badash – Marie Curie: In the Laboratory and on the Battlefield66
– V. Borisov – G.Kistiakowsky: in Harvard, Los Alamos and the White House.....78
– N. Balabanov – Remarkable anniversaries in 201487
– E. Nadjakova – Academician Georgi Nadjakov narrative of great scientists.....145

– В. Д. Ходусов, В. В. Власов – Братята Ахиезер и Харковският университет;
– Ф. Диаку, Ф. Холмс – Колмогоров, Арнолд, Мозер;
– Микаел Рагстет – Кеплер и рудолфовите таблици;
– Ф. Диаку, Ф. Холмс – Колмогоров, Арнолд, Мозер (продължение);
– Тиери Доксоа – Ферми, Паста, Улам и една мистериозна дама;
– Н. Балабанов – Ученият, направил последната крачка пред вратата на квантовата физика. 150 години от рождението на Вилхелм Вин.

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

– М. Вацкичева – Физичният подход при обучението по инженерните специалности;
– М. Замфиров – Има ли какво да научим от образователната система на Исландия?;
– Н. Балабанов – Конкурс за ученически есета, посветени на Годишната на Галилей;
– М. Замфиров – Природо-математическите науки и учениците със зрителни затруднения.

ФИЗИКА И МЕТАФИЗИКА

– Карл Ясперс – Из „Духовната ситуация на времето”: Науката;
– Хосе Ортега-и-Гасет – Историческият смисъл на теорията на Айнщайн.

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– Н. Балабанов – Физиката и интелектуалният климат на епохите. Проблемите днес;
– Я. Синай – Математици и физици = кучета и котки?;
– В. Успенски, М. Гелфанд – В.А. Успенски: „Математиката е хуманитарна наука“;
– О. Йорданов – Scientix, общност за научно образование в Европа;
– И. Лалов – Физиката в Софийския университет „Св. Кл. Охридски“ (1889-2014);
– О. Йорданов – Изкопирай или умри.

– V. D. Hodusov, V. V. Vlasov – The brothers Ahiezer and the University of Harkov150
– F. Diaku, P. Holmes – Kolmogorov, Arnold, Moser164
– Mikael Ragstedt – About the Cover: Kepler and the Rudolphine Tables258
– F. Diaku, P. Holmes – Kolmogorov, Arnold, Moser (sequel)272
– Thierry Dauxois – Fermi, Pasta, Ulam, and a mysterious lady.....282
– N. Balabanov – The scientist knocking at the Quantum. Physics door: 150 years since the birth of the Wilhelm Wien398

PHYSICS AND EDUCATION

– M. Vatskicheva – The physical approach in the teach teching of engineering subjects139
– M. Zamfirov – Is there anything to learn from Iceland's educational system?287
– N. Balabanov – Contest for high schools essays devoted on the Year of Galileo296
– M. Zamfirov – Science and Visually Impaired Students429

PHYSICS AND METAPHYSICS

– Karl Jaspers – From „The spiritual situation of time”: The science.....171
– José Ortega y Gasset – El sentido histórico de la teoria de Einstein.....311

SCIENCE AND SOCIETY

– N. Balabanov – Physics and the intellectual climate of epochs.....39
– J. Sinai – Mathematicians and Physicists = dogs and cats46
– V. Uspenski, M. Gelfand – Mathematics is a humanitarian science.....49
– O. Yordanov – Scientix, science education in the European community63
– I. Lalov – The Physics in Sofia University „St. Climent Ohridki“ (1889-2014)405
– O. Yordanov – Copycat or Perish.....417

КНИГОПИС

- Н. Ахабабян – Иконата „Мария Кюри” или живата madame Мария Саломея Склодовска-Кюри;
- С. Рашев – Професор Параскева Симова;
- М. Замфиров – Philosophia Naturalis;
- Н. Ахабабян – Пристрастен отзив.

PERSONALIA

- К. Коленцов – Роберт Попиц навърши 80 години;
- В. Герджиков, Г. Граховски – Научна сесия, посветена на проф. Сава Манов (1943-2005);
- К. Коленцов – Любен Младжов на 85;
- Ал. Ганчев – Академик Иван Тодоров – носител на орден Стара Планина;
- М. Маринов – 100 години от рождението на проф. Виктор Врански – първият медицински физик и биофизик в България;
- Димо Христозов и др. – Проф. дфн и кхн Аспарух Петракиев навърши 80 години.

IN MEMORIAM

- проф. дфн Наталия Борисова Янева (1937-2013);
- доц. д-р Пенка Петкова Кирчева (1934-2014);
- член. кор. дфн Йордан Николов Стаменов (1940-2014);
- Академик Стойчо Панчев

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

- 2014 г. – Година на Галилей;
- А. Карастоянов – Втори национален конгрес по физически науки у нас;
- Съюз на физиците в България – 42-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика (първо съобщение);
- О. Йорданов – Десето юбилейно „Астро парти Байкал”;
- М. Гайдарова – 42-ра Национална конференция по въпросите на обучението по физика;

BIBLIOGRAPHY

- N. Ahababian – The icon “Marie Curie” or the living Madame Maria Salomeya Sklodovska-Curie..... 89
- S. Rashev – Professor Paraskeva Simova 176
- M. Zamfirov – Philosophia Naturalis..... 321
- N. Ahababian – Tendentious review 437

PERSONALIA

- K. Kolentzov – Congratulations to R.Popitz for his 80-th anniversary 96
- V. Gerdjikov and G. Grahovski – A session dedicated to the memory of prof. S.Manov (1943-2005)..... 98
- K. Kolentsov – Ljuben Mladjov 85 years 222
- Al. Ganchev – Academician Ivan Todorov is awarded a medal “Stara Planina” 342
- M. Marinov – 100th anniversary of professor Victor Vransky – the first Bulgarian medical physicist and biophysicist 345
- D. Hristozov et al. – Prof. Asparuh Petrakiev at 80 451

IN MEMORIAM

- Prof. DcS. N. Yaneva (1937-2013) 101
- As.prof. P. Kircheva (1934-2014) 102
- BAS corresponding member Dr.Sci. Jordan Nikolov Stamenov (1940-2014) 224
- Academician Stoycho Panchev 347

UNION LIFE

- The administrative council of UPB decided 2014 to be declared the year of Galileo 95
- A. Karastoyanov – Second national congress on the physical sciences in our country 178
- Union of Physicists in Bulgaria – 42-th National conference on the problems of teaching physics (First announcement) 188
- O. Yordanov – Tenth Baykal Astroparty 193
- M. Gaydarova – 42nd National Conference on Physics Education..... 323

- П. Лазарова – Младежката научна сесия „Физиката около нас”;
- Д. Лазарова – Наградите Питагор 2014
- Т. Йовчева и Г. Екснер – Три дни Пловдивският Университет беше национален център на физиката;
- Становище на Съюза на физиците в България към проекта за Закон за предучилищното и училищното образование;
- 42-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика.

ЕВРОПЕЙСКО ФИЗИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО

- Г. Камишева – Кабинетът на Георги Наджакон – Исторически обект на Европейското физическо дружество;
- Европейската енергийна политика и глобалното намаляване на CO₂ емисиите: докога Европа може да си позволи да действа самостоятелно?;
- Защо да финансираме фундаменталната наука?;
- Г. Камишева – Международната конференция по история на физиката в Кеймбридж;
- Съветът на ЦЕРН избра следващия генерален директор.

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

- А. Милър – „137: Юнг, Паули и гонитбата подир една научна идея фикс”;
- А. Милър – „137: Юнг, Паули и гонитбата подир една научна идея фикс”;
- А. Милър – „137: Юнг, Паули и гонитбата подир една научна идея фикс”;
- А. Милър – „137: Юнг, Паули и гонитбата подир една научна идея фикс”.

АНТИ-НОБЕЛОВИ НАГРАДИ

- М. Замфиров – Анти-Нобелови награди за 2014 г.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТОМ XXXVII

- P. Lazarova – Youth Science Session “Everyday Physics” 326
- D. Lazarova – Pythagoras Awards for 2014 330
- T. Yovcheva and G. Exner – Three days Plovdiv university has been a national center for Physics in Bulgaria 440
- Standpoint of the Union of the Bulgarian Physicists on the Law of Primary and Secondary Education..... 444
- Statement of Forty-second National Conference on Physics Education..... 447

EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY

- G. Kamisheva – The study of Georgi Nadjakov declared an EPS Historic Site..... 197
- European Energy Policy and Global Reduction of CO₂ emissions: How long can Europe afford to act alone?..... 214
- Why fund basic science?..... 218
- G. Kamisheva – Cambridge International conference on history of Physics 336
- CERN Council selects next director-general 449

SERIAL

- A. Miller – „137: Jung, Pauli in pursuit of a scientific obsession” 104
- A. Miller – „137: Jung, Pauli in pursuit of a scientific obsession” 225
- A. Miller – „137: Jung, Pauli in pursuit of a scientific obsession” 348
- A. Miller – „137: Jung, Pauli in pursuit of a scientific obsession” 455

IG-NOBEL PRIZES

- M. Zamfirov – Ig-Nobel prizes for 2014..... 476

CONTEST OF V. XXXVII 480

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

Изпращането на статиите до редакцията става на адрес: worldofphysics@abv.bg с прикачени файлове. Получаването на файловете се потвърждава с обратен и-мейл. При условие че не сте получили потвърждение до 10 дни, съществува възможността Вашата статия да не е получена и следва да изпратите файловете отново.

Редакционната колегия може да откаже да публикува или да върне за неизбежни корекции статиите, които по преценка на представящия редактор или главния редактор не отговарят на основните изисквания за научност, оригиналност и стил на изложението.

Материали, които вече са публикувани някъде или са под печат в друго списание, няма да бъдат публикувани.

Публикуването на представените материали се определя от препоръките на рецензентите. Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

УКАЗАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ

Статиите да не надхвърлят 10–15 страници (респективно снимки, фигури).

За текста и таблиците може да се използва Word или Writer.

1. Текстът да няма специално оформление (освен болдове, курсиви и главни букви):

– да е **без колони**, да няма **нищо в табличен вид** (освен ако не става въпрос за таблици);

– да няма табулации за нов ред;

– разделянето примерно на формула и след нея номер да става с табулация, а не с многобройни интервали;

– изобщо да не се използват интервалите като средство за някакво оформление.

2. Задължително целият текст да е **редактиран и веднъж коригиран** с нанесени корекции във файла (което означава внимателно прочетен, в резултат на което да няма печатни и правописни грешки).

3. **Бележките под линия** да не са оформени като footnote, а да са накрая на съответния материал.

4. **Фигурите** да са на отделен файл с отбелязано място в самия файл за местоположението им. Ако са сваляни от интернет, да бъдат с голям размер. Снимките и фигурите да са в Grayscale, резолюцията им да е поне 250 пиксела.

5. **За отстъп** при нов ред да се използва First line Indent, а не табулация. Отстъпът да е 1 см.

6. **Заглавието** на статията да е преведено на английски.

7. Материалът да е придружен с **информация за автора** (на отделен файл) – име, длъжност, месторабота, академично звание, научна степен, контакти.

8. **Използваната литература** трябва да съдържа литературни източници, които са достъпни за проверка.

Издаването на настоящия брой на списанието
е с финансовата подкрепа
на Европейското физическо дружество.



Нашиите автори:

Евгения Вълчева – проф. дфн Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“;
Игор Веселовский – проф. дфмн, Научно-изследователски институт по ядрена физика при МДУ, Институт за космически изследвания, Москва, Руска академия на науките;

Никола Балабанов – проф. дфн, ПУ „Паисий Хилендарски“;

Иван Лалов – проф. д-р Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“;

Сър М. Ф. Атия – Математически институт, Оксфорд

Милен Замфиров – гл. ас. д-р, СУ „Св. Климент Охридски“;

Н. Ахабабян – проф. дфн, ИЯИЯЕ, БАН;

Теменужка Йовчева – проф. д-р ПУ „Паисий Хилендарски“;

Гинка Екснер – гл. ас. д-р ПУ „Паисий Хилендарски“;

Димо Христозов – доц. днт, Университета по хранителни технологии (УХТ) – Пловдив;

Александър Банков – н.с. д-р Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“;

Артър Милър – проф. д-р, Юнивърсити Колидж, Лондон;

Олег Йорданов – доц. д-р, ИЕ БАН.

В кн. 1/2015 г. на „Светът на физиката“ четете:

Д. Николов – Обледяването

Ал. Ганчев – Дифузия на цени

Алан Кон, Дани Черю и Жак Диксмие – Квантовият театър

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 4’2014

THE WORLD OF PHYSICS 4’2014

СЪДЪРЖАНИЕ

CONTENTS

РЕДАКЦИОННО	EDITORIAL.....	369
НОБЕЛОВИ НАГРАДИ 2014	NOBEL PRIZES 2014	
– М. Замфиров – Нобелови награди за 2014	– M. Zamfirov – Nobel prizes for 2014	371
НАУКАТА	THE SCIENCE	
– Е. Вълчева – Сините светодиоди:	– E. Valcheva – The blue LEDs: at the end	
в края на полупроводниковата революция	of the semiconductor revolution	373
– И.С.Веселовский – Откривател на космическите частици.	– I.S. Veselovsky – The discoverer of the cosmic	
100-годишнина от рождението на академик С. Н. Вернов	particles: 100 years since the birth of S.N. Vernov	381
– И.С. Веселовский – Средата, в която „обитава“ Земята	– I.S. Veselovsky – The environment	
	in which the Earth reside.....	383
ИСТОРИЯ	HISTORY	
– Н. Балабанов – Ученият, направил последната крачка пред	– N. Balabanov – The scientist knocking	
вратата на квантовата физика. 150 години от рождението на	at the Quantum. Physics door: 150 years since	
Вилхелм Вин	the birth of the Wilhelm Wien.....	398
НАУКА И ОБЩЕСТВО	SCIENCE AND SOCIETY	
– И. Лалов – Физиката в Софийския университет	– I. Lalov – The Physics in Sofia University	
„Св. Кл. Охридски“ (1889-2014)	„St. Climent Ohridki“ (1889-2014)	405
– О. Йорданов – Изкопирай или умри	– O. Yordanov – Copycat or Perish.....	417
ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА	PHYSICS AND MATHEMATICS	
– М.Ф. Атия – Как се прави изследователска работа	– M.F. Atiyah – How Research is Carried Out	421
ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ	PHYSICS AND TEACHING	
– М. Замфиров – Природо-математическите науки и	– M. Zamfirov – Science and Visually	
учениците със зрителни затруднения	Impaired Students	429
КНИГОПИС	BIBLIOGRAPHY	
– Н. Ахабабян – Пристрастен отзив	– N. Ahababian – Tendentious review	437
СЪЮЗЕН ЖИВОТ	UNION LIFE	
– Т. Йовчева и Г. Екснер – Три дни Пловдивският	– T. Yovcheva and G. Exner – Three days Plovdiv university	
Университет беше национален център на физиката	has been a national center for Physics in Bulgaria	440
– Становище на Съюза на физиците в България към проекта	– Standpoint of the Union of the Bulgarian Physicists	
за Закон за предучилищното и училищното образование	on the Law of Primary and Secondary Education	444
– 42-та Национална конференция по въпросите на	– Statement of Forty-second National Conference	
обучението по физика	on Physics Education	447
ЕВРОПЕЙСКО ФИЗИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО	EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY	
– Съветът на ЦЕРН избра следващия генерален директор	– CERN Council selects next director-general	449
PERSONALIA	PERSONALIA	
– Димо Христозов и др. – Проф. дфзн и кхн Аспарух	– D. Hristozov et al. –	
Петракиев навърши 80 години	Prof. Asparuh Petrakiev at 80	451
ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ	SERIAL	
– А. Милър – „137: Юнг, Паули и гонитбата	– A. Miller – „137: Jung, Pauli in pursuit	
подир една научна идея фикс“	of a scientific obsession“	455
АНТИ-НОБЕЛОВИ НАГРАДИ 2014	IG-NOBEL PRIZES 2014	
– М. Замфиров – Анти-Нобелави награди за 2014	– M. Zamfirov – Ig-Nobel prizes for 2014	476
СЪДЪРЖАНИЕ НА ТОМ XXXVII	CONTEST OF V. XXXVII	480

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

том XXXVII, кн. 4, 2014 г.

Издание на Съюза на физиците в България

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

(със спомоществователството на Българска академия на науките)

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ	EDITORIAL STAFF
ГЛАВЕН РЕДАКТОР	EDITOR-IN-CHIEF
Олег Йорданов	Oleg Yordanov
<oleg.yordanov@gmail.com>	
ЗАМЕСТНИК ГЛАВЕН РЕДАКТОР	VICE EDITOR-IN-CHIEF
Михаил Бушев	Michael Bushev
<m_bushev@abv.bg>	
ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР	EXECUTIVE SECRETARY
Милен Замфиров	Milen Zamfirov
<worldofphysics@abv.bg>	
ЧЛЕНОВЕ	MEMBERS
Никола Балабанов	Nicola Balabanov
<balabanov_n@abv.bg>	
Людмил Вацкичев	Liudmil Vatzkitchev
<Lyuvats@phys.uni-sofia.bg>	
Светослав Рашев	Svetoslav Rashev
<rashev@issp.bas.bg>	
Ганка Камишева	Ganka Kamisheva
<gkamish@issp.bas.bg>	
Евгения Стойновска	Evgenia Stoinovska
<geni_stoinovska@yahoo.com>	
Георги Граховски	Georgi Grahovski
<grah@inrne.bas.bg>	
Александър Ганчев	Alexander Ganchev
<aganchev@aubg.bg>	
Георги Латев	Georgi Latev
<glatev@astro.bas.bg>	
Лилия Ангелова	Liliya Angelova
<angelova@ie.bas.bg>	
ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР	TECHNICAL SECRETARY
Снежана Йорданова	Snejana Iordanova
<upb@phys.uni-sofia.bg>	
ВОДЕЩ БРОЯ: Олег Йорданов	
АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:	EDITORIAL OFFICE ADDRESS:
1164 София,	5, James Bourchier Blvd,
Бул. Джеймс Баучер № 5	1164 Sofia
☎ 02 862 76 60	
e-mail: worldofphysics@abv.bg	

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева

Дадена за печат на 30 март 2015 г.

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

бул. Цариградско шосе 72

ISSN: 0861–4210