

ДЕСЕТТЕ НАЙ-ВАЖНИ ПОСТИЖЕНИЯ ВЪВ ФИЗИКАТА ЗА 2010 г. според *Physics World*

В края на всяка година Web сайтът *Physics World* (<http://www.physicsworld.com>) посочва десетте най-важни постижения във физиката за годината.

Ето неговият избор за изминалата 2010 година.

1. Напредък в синтезирането на антиводородни атоми

Physics World определи като най-важно постижение във физиката за 2010 г. големия напредък в синтезирането и изследването на антиводородни атоми, направен от две международни колаборации, ALPHA и ASACUSA, работещи в Европейския център за ядрени изследвания CERN.

През ноември 2010 колаборацията ALPHA съобщи, че е успяла да задържи 38 антиводородни атома в продължение на 170 ms в един „капан за атоми” – Фиг. 1. Това време е достатъчно за провеждането на прецизни спектроскопски измервания на енергетичните нива на антиводородния атом. Предвижда се това да стане през 2011 г.

От своя страна колаборацията ASACUSA направи важна стъпка в създаването на снопове от антиводородни атоми със свойства, подходящи за спектроскопски измервания.

Така се открива за първи път възможност за детайлно изучаване на структурата на енергетичните нива на антиводородния атом. Откриването на дори нищожно различие на тази структура от нивата на водородния атом ще хвърли светлина върху една от най-големите загадки на физиката – защо във Вселената има много повече материя от антиматерия?

Представителят на колаборацията ALPHA Дж. Хангст (Jeffrey Hangst) от университета в Аархус, Дания, съобщи, че в момента се измерва енергията на прехода $1s \rightarrow 2s$. Излъчването на този преход е в XUV област. При водорода тази енергия е измерена с точност $2 \cdot 10^{-14}$. Измервания върху антиводород с подобна точност би позволило да се регистрират потенциални нарушения в CPT симетрията. Това би помогнало да се



Фиг. 1. „Капанът” за антиводородни атоми в CERN. В този капан позитрони и антипротони се комбинират, за да формират антиводородни атоми

разбере защо има много повече материя от антиматерия. Една от трудностите, стоящи пред ALPHA е в натрупването на достатъчно количества антиводородни атоми, което става чрез тяхното охлаждане.

От своя страна ASACUSA разработи метод за фокусирането на снопове от антиводородни атоми. Така се открива алтернативна възможност за провеждането на спектроскопски изследвания на антиводородния атом. Лидер на колаборацията е Я. Ямазаки (Yashimori Yamazaki) от RIKEN, Япония.

Най-вълнуващото е, че няма определени теоретични предсказания за това, как би се отразило нарушаването на CPT симетрията върху системата водород-антиводород.

Очаква се експериментите да се възобновят през май 2011 г.

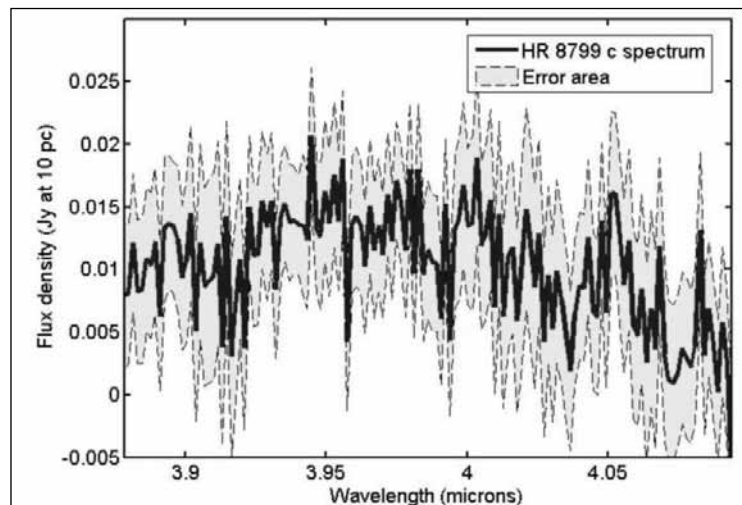
За повече подробности виж:

1. G.B. Andresen et al. *Trapped antihydrogen*. *Nature*, v.468, 2010, p.643
2. Y. Enomoto et al. *Synthesis of Cold Antihydrogen in a Cusp Trap*. *Phys. Rev. Lett.*, v.105, 2010, p.243401

2. Първото директно изследване на атмосферата на планета, разположена извън Слънчевата система

Екип астрономи от Канада и Германия за първи път проведеха спектроскопски

измервания на атмосферата на планета, намираща се извън Слънчевата система – Фиг.2. Това е планетата HR 8799, която е на 130 светлинни години от Земята. Изследванията бяха направени с помощта на телескопа VLT на Южноевропейската обсерватория ESO. Макар че планетата HR 8799 не показва признаци за наличието на живот, възможността за провеждане на подобни



Фиг. 2. Спектър на екзопланетата HR 8799

измервания е важна крачка в търсенето на прояви на живот във Вселената.

За повече подробности виж:

1. M. Janson, C. Bergfors, M. Goto, W. Brandner, D. Lafreniere. *Spatially Resolved Spectrum of the Exoplanet HR 8799c*. *The Astrophysical Journal*, v. 710, No 1, p. L35

3. Наблюдаване на квантови ефекти при макроскопични обекти

Физици от Калифорнийския университет в Санта Барбара (UCSB), ръководени от

А. Клеланд (Andrew Cleland), регистрираха квантово поведение в един обект с толкова големи размери, че може да се наблюдава с невъоръжено око.

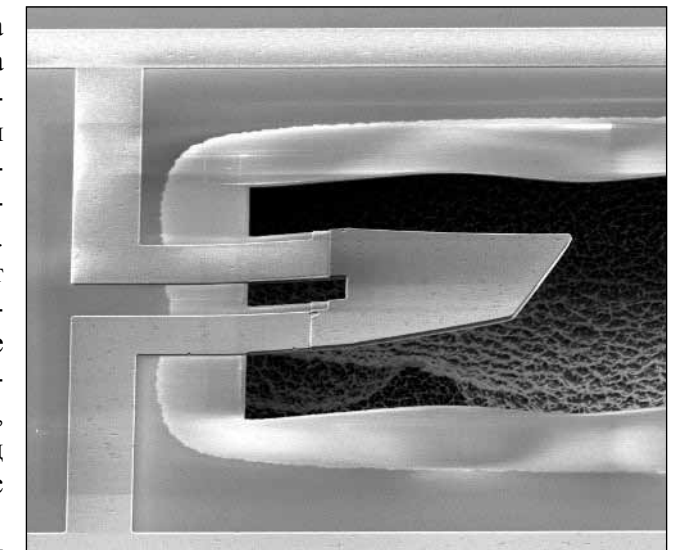
Както е известно, едно от основните положения на квантовата механика е принципът на суперпозиция на състоянията. Съгласно този принцип един обект може да се намира едновременно в две състояния. Експериментално това е било наблюдавано при множество обекти от микросвета, най-големият от които е молекулата C_{60} (фулерен).

Учените отдавна се опитват да наблюдават проявления на принципа на суперпозиция при по-големи обекти. Трудността е в това да се елиминират топлинните вибрации на обекта, които маскират и разрушават квантовите ефекти. За тази цел обектът трябва да се охлади до неговото основно квантово състояние. В това състояние амплитудата на трептенията става равна на нула.

Изследваният от А. Клеланд и сътрудници обект представлява механичен резонатор, състоящ се от тънък слой от алуминиев нитрид (AlN), разположен подобно на сандвич между два алуминиеви електрода – Фиг.3. Механически активната част е четириъгълната форма в центъра на Фиг.3. Алуминиевият нитрид притежава силен пиезоелектричен ефект. Това дава възможност да се възбуждат трептения в резонатора чрез прилагането на електрическо напрежение с подходяща честота. Дължината на резонатора е 40 μm . Честотата на вибрациите е много висока – 6 GHz. Тази много висока честота на трептенията е ключова за успеха на експеримента, защото температурата, до която един обект трябва да се охлади, за да премине в основно състояние, е пропорционална на честотата.

Отначало амплитудата на вибрациите на резонатора се намалява до нула чрез охлаждането му до 0.1K (основно квантово състояние). Резонаторът е свързан електрически с една свръхпроводяща верига, която играе ролята на квантов бит (qubit). С негова помощ учените успяват да възбудят в резонатора един единствен квант вибрационна енергия (фонон). Фононът е най-малкото количество вибрационна енергия. Свръхпроводящият квантов бит играе ролята на „квантов термометър“. Като qubit авторите използват Джоузефсонов контакт (два свръхпроводящи слоя, обграждащи несвръхпроводящ материал), които са свързани с кондензатор и индуктивност.

Изследователите успяват да предават единичен фонон от



Фиг. 3. Микрофотография на механичния резонатор

свърхпроводящия квантов бит към механическия резонатор и обратно. Квантовият бит и резонаторът се оказват квантово свързани (entangled). Измервайки състоянието на квантовия бит, дефинитивно определяме вибрационното състояние на резонатора.

След това изследователите създават суперпозиция от две квантови състояния на резонатора: състояние, при което в резонатора е възбуден само един фонон и състояние, при което отсъстват трептения. Когато тази суперпозиция от състояния се измерва, резонаторът „сам решава“ в какво състояние се намира. Според А. Клееланд това е аналог на котката на Шрьодингер от известния парадокс, която е едновременно „и жива, и мъртва“.

Подобни експерименти хвърлят светлина върху загадъчната граница между класическия и квантовия свят.

За повече подробности виж:

1. A.D. O'Connell et al. *Quantum ground state and single-phonon control of a mechanical resonator*. *Nature*, v. 464, 2010, pp. 679-703

4. „Шапка-невидимка“ за големи обекти

Два изследователски екипа, независимо един от друг, създадоха през 2010 г. „шапка-невидимка“, която позволява да се скрият от видимата светлина обекти с достатъчно големи размери.

Дж. Барбастатис (George Barbastathis) от Масачузетския технологичен институт (MIT) и неговите колеги съобщиха, че са успели да създадат „мантия“ скриваща стоманен обект с дължина 38 mm и височина 2 mm. Ш. Зханг (Shuang Zhang) от Бирмингамския университет и Дж. Пендри (John Pendry) от Лондонския кралски колеж съобщиха за „шапка-невидимка“, скриваща предмети с височина от няколко сантиметра.

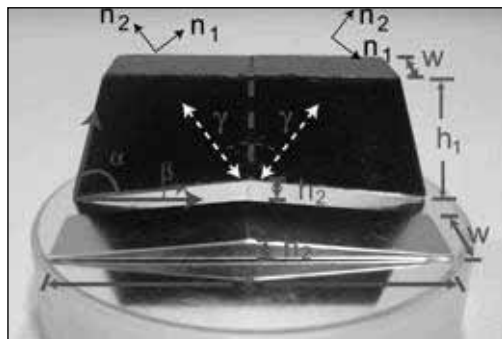
И двете групи използват една и съща технология. Прозрачното покривало, под което се скрива обектът, е направено от кристали калцит. То прави обектите невидими, като закривява светлинните лъчи, когато навлизат в покривалото и когато го напускат. Светлинните лъчи се отклоняват по такъв начин, сякаш че обектът отсъства – Фиг. 4.

Калцитът се оказва точният материал, защото скоростта, с която поляризирана светлина се разпространява в него, зависи от ориентацията на кристалите. Съединявайки отделни кристални блокове по подходящ начин, става възможно да се построи мантия, която закривява падащите и излизащите светлинни лъчи по нужния начин.

За повече подробности виж:

1. B. Zhang, Y. Luo, X. Liu, G. Barbastathis. *Macroscopic invisible cloak for visible light*. Preprint: arXiv: 10122238v1, 2010

2. X. Chen et al. *Macroscopic invisibility cloaking of visible light*. Preprint: arXiv: 10122783v1, 2010



Фиг. 4. „Шапка-невидимка“, изградена от калцитни кристали

5. Първият фононен лазер

Две изследователски групи, независимо една от друга, създадоха през 2010 г. първите фононни лазери. Тези лазери излъчват кохерентни звукови вълни по същия начин, по който един лазер излъчва кохерентни светлинни вълни.

Едната група се ръководи от А. Кент (Anthony Kent) от университета в Нотингам. Втората се ръководи от И. Грудинин (Ivan Grudinin) и е от Калифорнийския технологичен институт (Caltech).

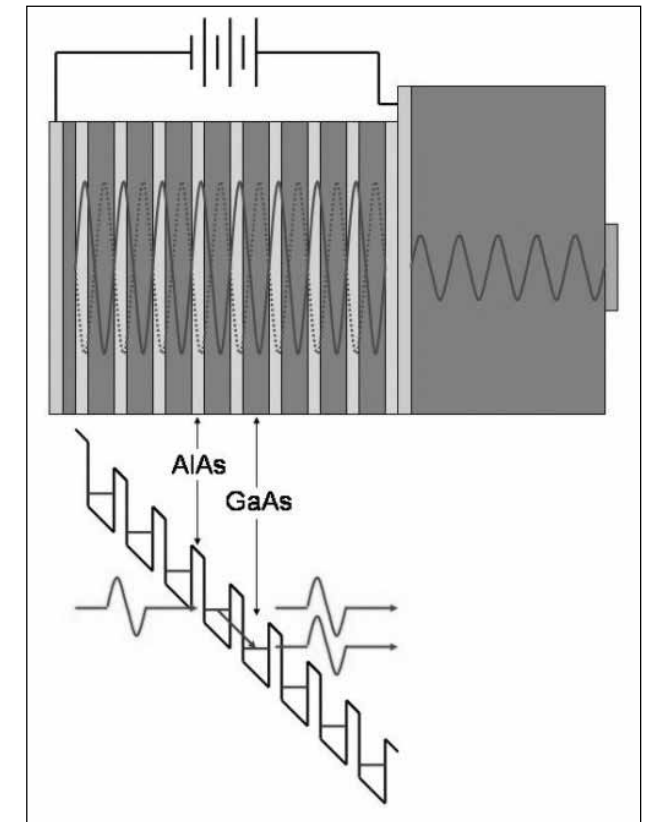
Новите устройства са наречени сазери (sasers). Сазерът е устройство, което генерира интензивен и силно концентриран сноп от кохерентни звукови вълни (фонони) с определена честота.

Сазерът, създаден от А. Кент и неговите сътрудници, използва 50 редуващи се слоя от GaAs (полупроводник) и AlAs (изолатор), всеки с дебелина от само няколко атома – Фиг.5.

Горната част на тази „арсенидова кула“ се облъчва с интензивен фемтосекунден лазерен импулс. Той възбужда

електроните в полупроводниковия материал, който на свой ред излъчва фонони. Тези първоначални фонони инициират стимулираната емисия на фонони в структурата. Схематично механизмът е следният. Слоевете GaAs представляват потенциална яма за електроните. Към структурата се подава електрическо напрежение (80-180 mV). Под действие на електричното поле електроните започват да тунелират през потенциалната бариера на един AlAs слой и да прескачат в съседната потенциална яма. При този процес се генерират фонони. Разстоянието между слоевете е избрано по такъв начин, че фононите да резонират в структурата, подобно на фотоните в оптичния резонатор на един лазер. На изхода се получава силен и много концентриран звук с определена честота (440 GHz).

Сазерът, създаден от И. Грудинин и сътрудници в MIT, се



Фиг. 5. Принципно схематично изображение на фононния лазер (сазер), създаден от А. Кент и сътрудници в университета в Нотингам

състои от два микровълнови кварцови резонатора с диаметър 6 μm . Резонаторите са разделени от 1 μm междина. Тя е достатъчно малка, така че двата резонатора образуват единна квантова система. За да се предизвика генерирането на фотони, се използва лазерен импулс. Този сазер работи в мегахерцовата област.

За повече подробности виж:

1. R.P. Beardsley, A.V. Henini, A.J. Kent. *Phys. Rev. Lett.*, v. 104, p.085501, 2010

2. I.S. Grudinin, H. Lee, D. Painter, K.J. Vahala. *Phys. Rev. Lett.*, v.104, p.083901, 2010

6. Кондензат на Бозе-Айнщайн за фотони

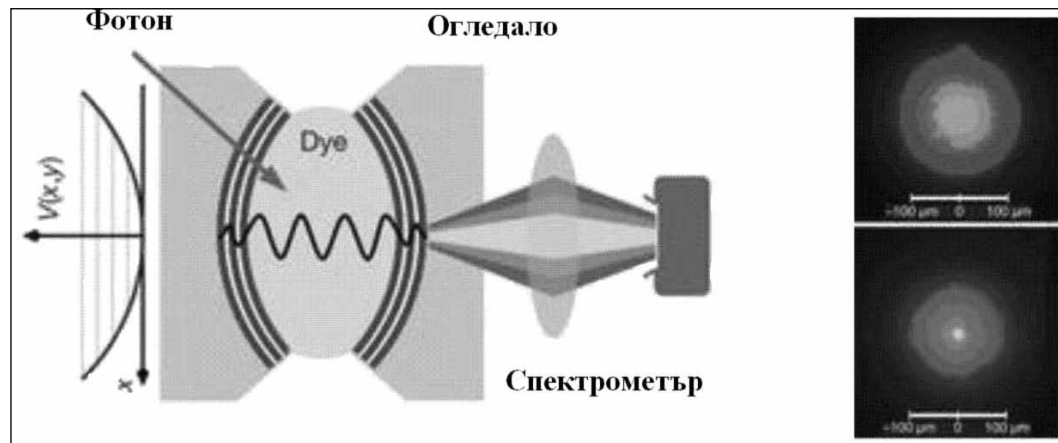
До 2010 г. много физици считаха, че подобен феномен не съществува. Но през тази година екип от университета в Бон, ръководен от М. Вайц (Martin Weitz), успя да създаде кондензат на Бозе-Айнщайн (BEC) от фотони.

BEC се образува, когато идентични бозони се охлаждат, докато всички частици не преминат в едно и също квантово състояние. Фотоните са най-често срещаните бозони. Но те много лесно се раждат и поглъщат, когато взаимодействат с материята. Това прави много трудно тяхното охлаждане, за да формират BEC.

За първи път BEC беше създаден през 1995 г. при охлаждането на облак от рубидиеви атоми почти до абсолютната нула. Сега тази техника е добре усвоена и създаваният BEC се използва за изучаване на различни квантови ефекти.

Лесното излъчване и поглъщане на фотоните прави много трудно охлаждането на фиксиран брой фотони, за да формират BEC.

Вайц и неговите колеги залавят фотоните в един оптически микрорезонатор, образуван от две вдлъбнати огледала на разстояние от само 1.5 μm едно от друго – Фиг.6. Това разстояние определя максималната дължина на вълната (минималната енергия) на захванатите в резонатора фотони.



Фиг. 6. Ляво: Схема на опитната постановка за получаване на фотонен BEC

Дясно: Пространствено разпределение на фотоните под и над критичната мощност на лазера

Резонаторът е запълнен с багрилни молекули (rhodamine 6G) при стайна температура. Тяхната топлинна енергия е само 1% от енергията на фотоните. Голямата разлика в енергиите прави вероятността багрилните молекули да излъчат или да погълнат фотон много малка. Вместо това фотоните се разсейват от тези молекули, отдавайки или получавайки малки порции енергия. Тези многократни разсейвания охлаждат фотоните до стайна температура. Тази температура се оказва достатъчна за създаването на фотонен BEC.

Оптическият резонатор се запълва с фотони от лазер. Този лазер в същото време компенсира фотоните, които се губят в огледалата на резонатора. Някои от фотоните преминават през едно от огледалата към спектрометър, който измерва разпределението на енергията на фотоните. При ниска интензивност на лазера резонаторът съдържа фотони с широк спектър от енергии и с рязък спад при минималната енергия на резонатора. Когато увеличаваме интензивността на лазера, броят на фотоните в резонатора нараства. Когато този брой достигне около 60 хиляди, фотонният газ става достатъчно плътен за формирането на BEC. Процесът може образно да се представи като кондензирането на течна капка в газова среда.

Доказателство за формирането на BEC е появата на голям пик в енергетичния спектър на фотоните при неговата долна граница. Този пик отговаря на наличието на голям брой фотони, които се намират в най-ниското енергетично състояние. При понататъшното увеличаване на интензивността на лазера броят на фотоните в основно състояние достига милиони.

В резултат на надлъжното залавяне на фотоните в оптическия резонатор те започват да се държат, сякаш че са частици с ефективна маса, равна на минималната енергия на резонатора. Формално системата може да се разглежда като двумерен газ от масивни бозони. Това е и причината фотоните да формират BEC при стайна температура и да не трябва те да се охлаждат до температури от порядъка на μK , както атомите.

За повече подробности виж:

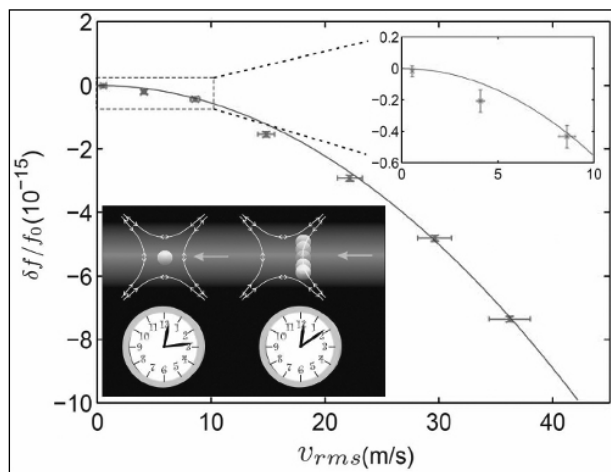
1. J. Klaers, J. Schmitt, F. Vewinger, M. Weitz. *Bose-Einstein Condensation of Photons in an Optical Microcavity. Nature*, v. 468, 2010, pp. 545-548

7. Релятивистки ефекти при обичайни скорости и разстояния

През 2010 г. Дж. Чин-Вен Чоу (James Chin-Wen Chou) и неговите колеги от Националния институт за стандарти и технология на САЩ (NIST) използваха два най-прецизни оптически часовника, за да демонстрират, че времето, показвано от единия часовник се забавя, когато той се движи спрямо първия със скорост от само 36 km/h.

Използваните часовници изостават само с 1s за $3.7 \cdot 10^9$ години. В тях се използват йони, захванати с помощта на електрически полета и охлаждени с лазерно охлаждане. Честотата, с която работят тези часовници, се задава от енергията на определен оптичен преход в електронната обвивка на йоните.

При скорост от само 10 m/s релятивисткото забавяне на времето е много малко. Относителното изменение на времето е едва 10^{-16} . Ч.В. Чоу и неговите колеги измерват



Фиг. 7. Релятивистко забавяне на времето при скорости 0-40 m/s.

Показана е графика на относителното изменение на честотата на движещия се часовник спрямо честотата на часовника в покой като функция на скоростта. Плътната крива показва предсказанието на СТО, а точките са резултатите от измерванията.

За повече подробности виж:

1. C.W. Chou, D.B. Hume, T. Rosenband, D.J. Wineland. *Optical Clocks and Relativity. Science*, v. 329, No 5999, 2010, pp. 1630-1633

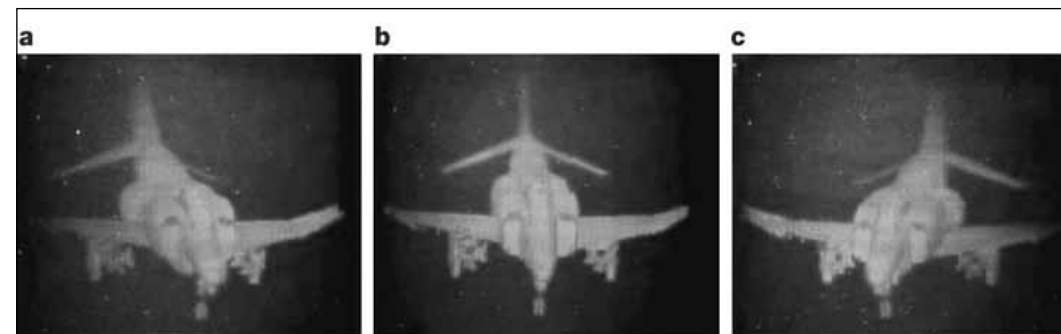
8. Динамични холограми в реално време

През 1977 г. публиката беше силно впечатлена от специалните ефекти в станалия вече класика филм „Междувъздушни войни“. Тези ефекти включваха и една холограма на принцеса Лея*, която разтревожена се обажда по специален телефон на Оби-Уан Кеноби*.

През 2010 г. Пейгхамбарян (Nasser Peyghambarian) и неговите колеги от университета в Аризона направиха следващата голяма крачка по пътя към създаването на динамични холограми в реално време като създадоха фотополимерен (photorefractive) дисплей, който може да реагира много бързо на лазерна светлина.

Интересът към получаването на тримерни изображения е огромен. Този интерес се подхранва и от набиращата скорост индустрия за кинофилми с тримерно изображение, като „Аватар“ например, и от демонстрациите на тримерна телевизия. Но за да се наблюдават тримерните филми, зрителите трябва да използват специални очила.

* Герои от филма на Джордж Лукас „Междувъздушни войни“.



Фиг. 8. Обновяемо холографско изображение на изстребител F4 „Фантом“ в полет

В тях се използват две лещи, които пропускат светлина, която е поляризирана в две различни направления.

Холографията е съвсем различна технология. Тя позволява зрителите да наблюдават обекта под различни ъгли. Зрителят получава различна перспектива в зависимост от зрителния ъгъл. Възпроизвежда се както амплитудата, така и фазата на светлинната вълна, което позволява зрителят да почувства светлината, сякаш е била отразена от един реален обект.

В момента усилията са по посока на създаването на динамични холограми. Крайната цел е възпроизвеждане в реално време.

Преди две години екипът на Пейгхамбарян постигна значителен успех, създавайки монохроматичен дисплей, който е способен да възпроизвежда ново изображение всеки 4 min.

През изминалата 2010 г. този екип направи следваща голяма крачка. Те създадоха 17" дисплей, който е състояние да представя обекти в цвят всеки 2 s.

Холографската система използва 16 камери, които получават изображения на обекта под различни ъгли. Тези изображения след това се обработват от компютър. Върху фотополимера се записват три различни холограми под три различни ъгъла. Цветното изображение се създава при осветяването на дисплея с некохерентна червена, синя и зелена светлина, излъчвана от LED диоди.

Ключовият момент е използваният фотополимер. Той позволява силно да се намали времето, необходимо на един лазер да запише един холографски пиксел(hogel).

Това време е между 6 ns и 1 s. Изтриването на записаното изображение става с помощта на същия лазер.

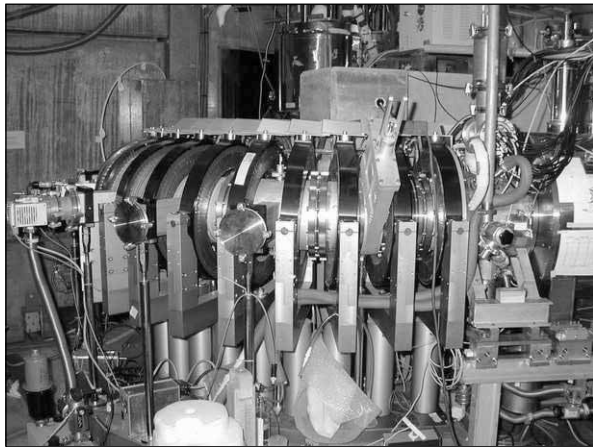
За тримерна телевизия в реално време обаче трябва скоростта на записване да се увеличи до 30 изображения в s, дисплеят да е с по-големи размери и той трябва да има по-висока разделителна способност.

За повече подробности виж:

1. P.A. Blanche et al. *Holographic Three-dimensional Telepresence using Large-area Photorefractive Polymer. Nature*, v. 468, 2010, pp. 80-83

9. Протонът се оказва по-малък отколкото мислехме

Радиусът на протона е с 4% по-малък отколкото се е считало досега. Този изненадващ резултат е получен от Р. Пол и неговите колеги от Макс Планк института по квантова оптика в Гаршинг при изследването на „мюонен“ водород – атом, в който



Фиг. 9. Експерименталната установка за прецизно измерване на радиуса на протона

електронът е заменен с много по-тежкия мюон. Този факт означава, че физиците трябва да преосмислят начина, по който прилагат квантовата електродинамика (QED).

При провеждането на експеримента е използван сноп протони, ускорени в циклотрона на института „Паул Шерер (PSI) в Швейцария. С помощта на този сноп се създават мюоните.

В мюонния водород мюоните „прекарват“ около 1% от времето си в $2s$ състояние. От това състояние те се възбуждат до състояние $2p$, поглъщайки фотон от лазерен

импулс. Това възбудено състояние се разпада с излъчването на рентгенов квант. Като се измери броят на излъчените кванти, може много точно да се определи енергията на прехода $2s \rightarrow 2p$. Радиусът на протона се изчислява след това след поредица от сложни и трудоемки QED изчисления.

Както е известно протонът е съставен от три кварка, свързани чрез силно взаимодействие. Неговият радиус се дефинира като разстоянието, на което плътността на заряда спада под някаква фиксирана стойност. Досега радиусът на протона се измерваше по два начина – чрез разсейването на електрони върху водород и чрез измерване на отместването на Лемб на спектралните линии на водорода. Досега се считаше, че радиусът на протона е равен на $0.877 \text{ fm} \pm 0.007 \text{ fm}$.

В мюонния водород отместването на Лемб е много по-чувствително към радиуса на протона, защото много по-тежкия мюон прекарва повече време близо до протона и даже вътре в него. Новата стойност на радиуса на протона е $0.8418 \text{ fm} \pm 0.0007 \text{ fm}$. Това е най-прецизното измерване, правено до момента.

Изследователският екип е работил върху измерването през последните 12 години. За повече подробности виж:

1. R. Pohl et al. *The Size of the Proton. Nature*, v. 466, 2010, pp. 213-216

10. LHC започна да работи за физиката

В края на март 2010 г. специалистите по ускорители в Европейския център за ядрени изследвания (CERN) успяха да ускорят два интензивни протонни снопа в

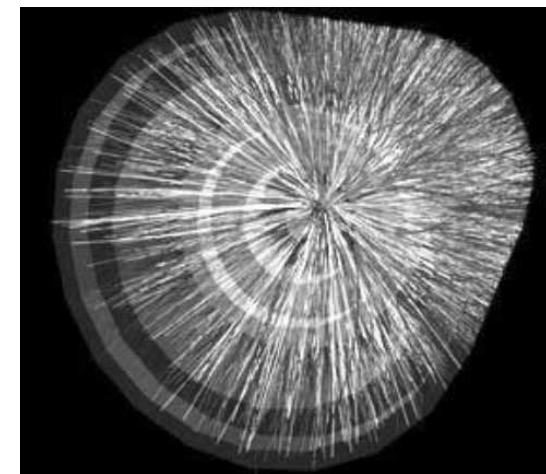
Големия адронен колайдър (LHC) и да реализират насрещни удари на протоните при енергия 7 TeV в системата на центъра на масите. След упорита работа по настройване на системите на колайдъра през октомври 2010 г. беше достигната пикова светимост $L = 2.10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Започна събирането на експериментални данни от четирите детектора на CERN и вече са получени някои интересни физически резултати.

През ноември 2010 г. беше покорен нов връх. За първи път два снопа от ускорени до 287 TeV оловни ядра бяха сблъскани челно, за да дадат богата реколта от частици – Фиг.10.

Откриват се възможности за изучаване на свойствата на материята, такава каквато тя е била в първите мигове след Големия взрив.

За повече подробности виж:

1. *LHC begins physics with lead ions. CERN Courier*, v. 50, No 10, 2010, p.5



Фиг. 10. Първите насрещни удари между ускорени в колайдъра LHC оловни йони

Превод: Динко Динев

По материали на Web сайта *Physics World*

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

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

ГИГАНТСКИТЕ МОРСКИ ВЪЛНИ-УБИЙЦИ: ФАКТИ И ХИПОТЕЗИ

Д. Динев

*„Фактът е просто твърдение, в което всеки вярва.
Той е невинен до доказване на противното.
Хипотезата е ново предположение, в което никой не иска да повярва.
Тя е виновна, докато не се докаже, че е ефективна.“*

Едуард Телър

1. Фактите

Под гигантска морска вълна-убиец на кораби се разбира вълна с необикновено голяма височина, която възниква съвсем неочаквано в океана или морето без всякаква видима причина [1,2].

Статистически височината на морските вълни се подчинява на разпределението на Релей. Съгласно това разпределение вероятността кораб да срещне в океана вълна с височина от 30-35 m е нищожно малка. По тази причина дълго време историите за вълните-чудовища, разказвани от развълнувани моряци, се приемали за преувеличение, за своеобразен моряшки фолклор. Морската статистика показва, че при буря с умерена сила, морските вълни достигат до височина от 7 m. При много силна морска буря тази височина може да достигне до 15 m. Но какво да кажем за единична вълна с височина достигаща до 30 m, възникваща буквално от нищото, без никаква буря и при тихо време?

Очевидци описват гигантските вълни-убийци като бързо приближаваща се от-



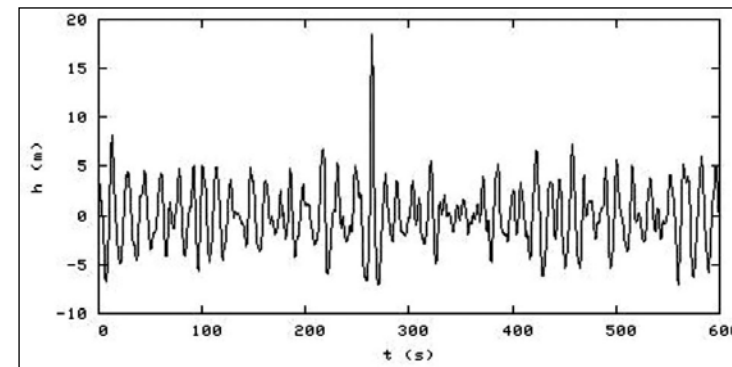
Фиг. 1. Рядка фотография на гигантска морска вълна-убиец, приближаваща кораб

весна водна стена с огромна височина. Пред стената се движи падина, дълбока няколко метра, т. нар. „дупка в морето“ – Фиг. 1.

С течение на времето обаче са се натрупали многобройни доказателства под формата на фотографии, записи на локатори и характерни поражения върху кораби, които недвусмислено потвърждават съществуването на гигантските морски вълни-убийци.

Голяма популярност е

получила гигантската вълна, връхлетяла нефтената платформа „Дропнер“ (Draupner) в Северно море на 1 януари 1995 г. Тази гигантска вълна е известна като „Новогодишната вълна“. Приборите, разположени върху платформата, са зарегистрирали точно нейната височина. Амплитудата на вълната е равна на 18.5 m и е три пъти по-голяма от значимата амплитуда на околните вълни – Фиг. 2. Максималната височина на вълната е 25.6 m.



Фиг. 2. Запис на амплитудата на вълните в [m] като функция на времето в [s] за т. нар. „Новогодишна вълна“

Всъщност опасността на една вълна не се определя само от нейната височина, а и от нейната стръмност. Стръмните вълни са най-опасните, защото те имат по-голяма разрушителна сила – Фиг. 3.

Ето някои добре документирані случаи на гигантски морски вълни:

- На 12.12.1978 г. в Атлантическия океан потъва 37 хил. тонния товарен кораб „Мюнхен“ (MS Munchen). Анализът на останките на кораба показва, че той е бил ударен от вълна с височина над 20 m.



Фиг. 3. Кораб, разчупен на две части, от удар на гигантска вълна. Втора гигантска вълна го връхлита след първата.

- През 1980 г. петролният танкер „Есо Лангедок“ (Esso Languedoc), плаващ край бреговете на Дурбан, попада под удара на вълна с височина над 25 m, при средна височина на околните вълни 5-10 m – Фиг. 4. За щастие, пораженията, нанесени на танкера, не са големи.

- През 1995 г. океанският лайнер „Кралица Елизабет“ (Queen Elizabeth II), плаващ в Северния Атлантик, се среща с вълна с височина 29 m.

- През февруари 2000 г. британски океанографски изследователски кораб, плаващ западно от Шотландия, регистрира в открито море гигантска вълна с височина 29.1 m при значима височина на околните вълни 18.5 m.

- През 2001 г. презокеанските пътнически кораби „Бремен“ (MS Bremen) и „Звез-



Фиг. 4. Гигантска вълна с височина над 25 m се стоварва върху петролния танкер „Есо Лангедок“ през 1980 г.

При тихо и спокойно море, неочаквано корабът е връхлетян от 21 метрови вълни. Водата упражнила такава сила, че повредила дори най-горните каюти, разположени на 30 m над водната линия. Били повредени електрическата система и електронното оборудване на кораба. Машините спрели.

Оценява се, че налягането, което упражнява върху кораба една гигантска вълна-убиец достига до 100 t/m^2 (980 kPa). За сравнение една типична морска вълна с височина 12 m оказва върху кораба налягане от „само“ 6 t/m^2 . Повечето съвременни кораби са проектирани да издържат налягания до 15 t/m^2 . Ужасните поражения, които една гигантска вълна може да нанесе на кораба, се виждат на Фиг. 5.



Фиг. 5. Поражения нанесени от гигантска вълна на норвежския танкер „Уилстар“ през 1974 г.

дата на Каледония” (Caledonian Star), плаващи в Южния Атлантук, регистрират гигантски вълни с височина, достигаща до 30 m. Прозорците на капитанските мостици на двата кораба са счупени и електронното навигационно оборудване и машините им повредени. „Бремен” е в безпомощно състояние в течение на часове и дрейфува без навигация.

● На 16.04.2005 г. луксозният океански лайнер „Норвежка зора” (Norwegian Dawn), с дължина от над 300 m, плаващ около бреговете на Флорида, попада под ударите на серия от три гигантски вълни. Капитанът на кораба, който имал над двадесет годишен стаж, разказва, че никога не е срещал нещо подобно.

По-малките кораби (като танкери и контейнеровози) при удар от такава гигантска вълна обикновено се разцепват на две части. От нахлулата в кораба солена вода първи излизат от строя електрическата система и навигационното оборудване.

През 2000 г. Европейската космическа агенция (ESA) стартира проекта MaxWave за регистриране на гигантски вълни в океана [9]. Проектът анализира над 30 хил. радарни

снимки на площ с размери $5 \times 10 \text{ km}^2$ всяка. За три седмици през 2001 г. MaxWave регистрира 10 гигантски вълни. Това е много повече, отколкото може да се очаква от статистиката на вълните.

2. Някои дефиниции

За да може да се хвърли по-определена светлина върху явлението „гигантски морски вълни-убийци” (на английски се използват термините: Rogue waves = вълни-пакостници, Freak waves = чудати вълни, Extreme waves = екстремни вълни, Giant waves = гигантски вълни), трябва първо да се дефинират някои понятия.

Под „значима височина на вълните” (Significant Wave Height) се разбира средната височина на горната 1/3 от най-високите вълни в един временен запис с продължителност 20 min. Тази величина се означава с SWH или с H_s .

По дефиниция гигантска вълна е единична вълна с височина по-голяма от 2 SWH. Следователно това са вълни с екстремно голяма височина, но същевременно са и много стръмни вълни.

Количествено стръмността на една вълна се определя по формулата:

$$s = \pi \frac{h_{\text{wave}}}{\lambda} \quad (1)$$

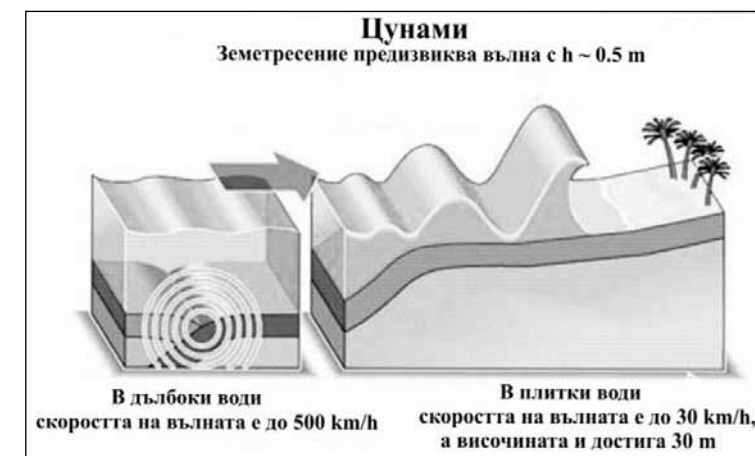
където: h_{wave} е височината на вълната, а λ е нейната дължина на вълната.

Типичната стойност на стръмността на морските вълни е $s = 0.07 - 0.1$.

Единичните гигантски вълни не трябва да се бъркат с цунамито – Фиг. 6.

Цунами е гигантска вълна по океанската повърхност, предизвикана от земетресение, вулканизъм или земни свличания. Тя се разпространява с много голяма скорост и в дълбоки води е почти незабележима. В океана височината на цунамито рядко превишава 1 m. Цунамито става опасно, едва когато наближи бреговата ивица. Едва тогава височината на вълната може да достигне до 30 m. Именно близо до брега цунамито проявява своята разрушителна сила. Тези вълни не са опасни за корабоплаването.

Обратно, единичната гигантска вълна, на която е посветена тази статия, е локализирана както в пространството, така и във времето. Тя често се



Фиг. 6. Цунами

случва в открито море, където обикновено трае само няколко минути, след което се разрушава.

Гигантските вълни, които описваме, се появяват внезапно, при слаб вятър и при неголямо вълнение. Тяхната височина достига до 30 m. Колкото бързо се появяват тези вълни, толкова бързо и изчезват. Според класическата теория за формирането на морските вълни вероятността за появата на единични вълни с толкова голяма височина е нищожно малка. Подобни вълни са смъртно опасни дори и за най-съвременните кораби.

Типичните морски вълни са от типа на гравитационните водни вълни [3]. При този тип водни вълни деформираната водна повърхност се връща в равновесното си състояние под действието на силата на тежестта. Гравитационните водни вълни са съществено нелинейни вълни. В учебната литература обикновено те се разглеждат в линейно приближение и при отсъствието на турбулентно движение. Течността се приема за идеална, т.е. тя се приема за несвиваема и се пренебрегва вътрешното триене. Амплитудата на вълната в линейно приближение се приема за малка в сравнение с дължината на вълната.

3. Хипотезите

При единичните вълни с аномално голяма височина имаме значителна концентрация на вълновата енергия. За случая на т. нар. „Новогодишна вълна” плътността на енергията на гигантската вълна е 18 пъти по-голяма от средната за околните вълни.



Фиг. 7. Изкривяване на фронта на вълната под влияние на променливата дълбочина на морското дъно и на малки препятствия. (аерофотография на морето в близост до Киберг, Финландия)

Предложени са различни физически модели, опитващи се да обяснят наблюдаваното фокусиране на вълновата енергия в пространството и времето.

3.1. Пространствено (геометрично) фокусиране на вълновата енергия

Ефектът на геометрично фокусиране на вълновата енергия се проявява в някои специфични случаи на морски вълни, навлизащи от открито море в плитките крайбрежни води.

Една много сполучлива аерофотография на подобна ситуация, добила популярност в литературата, е посветена на аномално високите морски вълни и е показана на Фиг. 7. На тази фотография са показани морски вълни в крайбрежната зона в близост до Киберг, Финмарк, Норвегия.

Морските води се считат за плитки, когато дълбочината на дъното е много по-малка от дължината на вълната.

Дисперсионното съотношение за гравитационни водни вълни, разпространяващи се в плитки води е:

$$\omega^2 = gk \frac{h}{\lambda} \quad (2)$$

където: ω е честотата, g – земното ускорение, k – вълновото число, h – дълбочината на водоема и λ е приведената дължина на вълната.

Скоростта на тези вълни е:

$$v_{ph} = v_{gr} = \sqrt{gh} \quad (3)$$

От израза (3) се вижда, че скоростта на вълната зависи от дълбочината на дъното. Вълните в по-дълбоките области се движат с по-голяма скорост от тези в по-плитките. Това е причината при приближаване на брега фронтът на вълните да се ориентира успоредно на бреговата ивица.

По същата причина зад малките островчета, показани на снимката, се образуват области на сходимост на вълните. Изкривяването на вълновия фронт може да доведе до геометрично фокусиране на вълновата енергия в някои области, т. нар. каустики (caustics).

При специфична форма на морския бряг и специфичен релеф на морското дъно няколко по-малки вълни могат да се насочат към една и съща област, в която да се създадат условия за конструктивна интерференция на индивидуалните вълни. В подобни области се концентрира значителна вълнова енергия и в тях вероятността за появата на вълни с голяма височина е много по-голяма отколкото в други области.

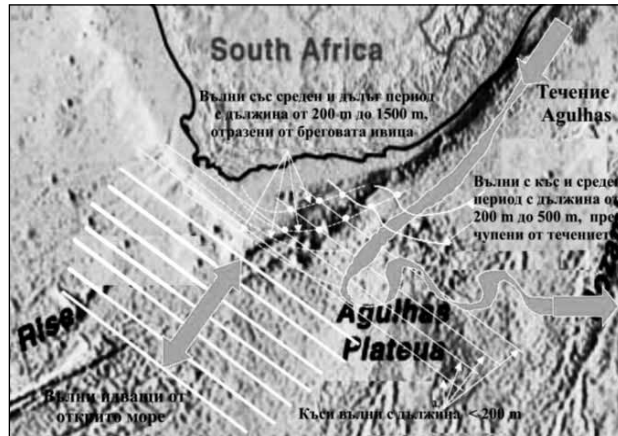
3.2. Фокусиране на вълновата енергия от морски течения

Когато гравитационните вълни, възникнали под действието на вятъра, се движат срещу морско течение, резултатът е скъсяването на дължината на вълната, водещо до увеличаването на нейната височина. Идващата срещу течението група вълни се компресира в една единична вълна с аномално голяма височина. Значително нарастване на височината на вълните се наблюдава, когато морски вълни навлизат нагоре по течението на реки, вливащи се в морето.

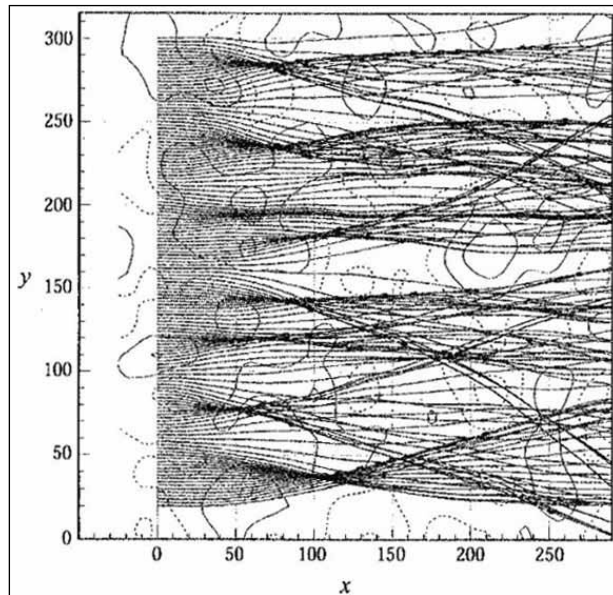
Една област, в която морските вълни срещат силно и нееднородно насрещно течение е източният бряг на Южна Африка – Фиг. 8. Тук минава т. нар. Агулхасово течение. В тази област често се наблюдава появата на аномално високи вълни, няколко часа след като силен вятър промени своята посока от североизточна на югоизточна.

Численото моделиране на вълновите траектории (лъчевите линии) показва появата на области с концентрация на вълновата енергия (каустични точки) [4].

В открити води, далеч от сушата, скоростта на морските течения е малка (типично < 20 cm/s). Подобни течения могат да причинят само малки отклонения в посоката на разпространение на вълните. На пръв поглед този ефект е пренебрежимо малък. През



Фиг. 8. Фокусиране на вълновата енергия от течението Agulhas



Фиг. 9. Трасиране на вълновите траектории през полето на случайно турбулентно течение. Ако началните лъчи са строго успоредни, се появяват области с фокусиране и области с дефокусиране на вълновата енергия [5].

3.3. Дифракционно фокусиране на вълновата енергия

Дифракционното фокусиране на вълновата енергия се използва в лабораторните водни басейни, предназначени за изпитването на корабни модели, за генерирането на големи вълни. За целта в единия край на басейна се създава последователност от

1998 г. обаче Б. Уайт (B. S. White) и Б. Форнберг (B. Fornberg) показват, че даже малки случайни флуктуации в скоростта на течението, имащи стандартно отклонение от порядъка на само 10 cm/s, могат да предизвикат фокусирането на вълновата енергия при условие, че те действуват на големи разстояния (от порядъка на 10 km) [5].

В своето изследване Б. Уайт и Б. Форнберг изчисляват траекторията на вълните (трасират лъчевите траектории) през област с променящо се течение – Фиг. 9.

Полето на това течение е показано на Фиг. 9 като фон под картината на лъчите. Моделирането демонстрира появата на области с концентрация на вълновата енергия (hotspots).

Предложеният от Б. Уайт и Б. Форнберг механизъм на възникването на гигантски вълни в открито море обаче среща обосновани критики. В своето изследване двамата автори приемат, че началните траектории на вълните са строго успоредни. В действителност в природата тези начални траектории имат повече или по-малко различаващи се направления. Ако отчетем естествената дисперсия на направлението на началните вълнови траектории, ефектът на концентрация на вълновата енергия силно намалява или дори изчезва.

вълни с изменяща се дължина на вълната. При това по-късите вълни са разположени в челото на вълновата последователност, а по-дългите в нейната опашка.

Когато една гравитационна вълна се разпространява в дълбоки води, т.е. когато дълбочината на водоема е много по-голяма от дължината на вълната, дисперсионното съотношение е:

$$\omega^2 = gk \quad (4)$$

а скоростта на вълните е:

$$v_{ph} = 2v_{gr} = \sqrt{g\lambda} \quad (5)$$

Следователно по-дългите вълни се движат по-бързо от по-късите и ги настигат на определено разстояние. За кратко време и на фиксирано място се създава вълна с голяма амплитуда. Настъпва фокусиране на вълновата енергия в пространството и времето.

Проблемът е какви ще са тези специални условия, които спонтанно ще създават в океана твърде специфичния сигнал, необходим за настъпването на пространствено-временното фокусиране на енергията? Засега няма удовлетворителен отговор на този въпрос.

3.4. Фокусиране на вълновата енергия, дължащо се на нелинейния характер на вълновия процес

Водните гравитационни вълни по своята природа са нелинейни вълни. Нелинейните ефекти стават големи, когато амплитудата на вълната стане сравнима с нейната дължина. Самият факт, че вълните се разрушават и преобръщат, говори за нелинейно поведение.

Степента на нелинейност на монохроматични морски вълни силно зависи от тяхната стръмност s . При нелинейните вълни скоростта на разпространение зависи от амплитудата. Освен това нелинейността способства за взаимодействието на съседните вълни.

През 60-те години на миналия век е показано, че ако в единия край на дълъг воден басейн се генерира еднородна последователност от периодични вълни, то тези вълни спонтанно се разделят на периодично следващи една след друга групи, т. нар. нестабилност на Бенжамин-Феир (Т. В. Benjamin – J. E. Feir или BF нестабилност, 1967 г.). Очевидно това явление излиза извън рамките на линейната теория. За неговото обяснение е развита нелинейна теория, в която вълновото уравнение е от типа на нелинейното уравнение на Шрьодингер (NLS). Вътре във всяка група протича допълнително фокусиране на енергията, водещо до създаването на вълни с много голяма амплитуда.

Нека означим с ζ височината на водната повърхност. Изследваната вълна е от вида:

$$\zeta = A(x, t) \exp(i(kx - \omega(k)t)) + c.c., \quad (6)$$

където комплексната амплитуда $A(x, t)$ е бавноизменяща се функция на пространството и времето.

Вълновото уравнение е от типа на NLS с кубична нелинейност [6]:

$$i\left(\frac{\partial A}{\partial t} + v_{gr} \frac{\partial A}{\partial x}\right) - \frac{\omega}{8k^2} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} = \frac{\omega k^2}{2} A|A|^2 \quad (7)$$

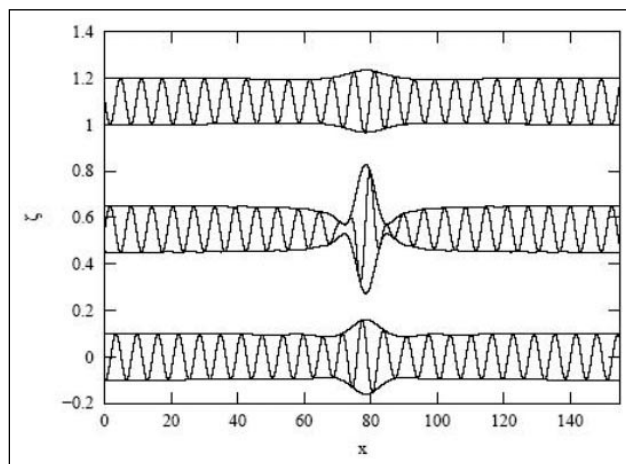
С подходяща смяна на променливите (7) може да се приведе до каноничния вид на NLS с кубична нелинейност:

$$i\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + 2A|A|^2 = 0 \quad (8)$$

Решението на уравнение (8), което представлява интерес за случая на формиране на голяма вълна, е т. нар. „дишащо” решение (breather). То е дадено от Д. Перегрин (D. H. Peregrine) през 1983 г. – Фиг. 10.

Аналитично:

$$A(x, t) = e^{2it} \left[1 - \frac{4(1 + 4it)}{1 + 4x^2 + 16t^2} \right] \quad (9)$$



Фиг. 10. Решение на Д. Перегрин на NLS с кубична нелинейност (breather solution) в три последователни момента време.

по-сложна и непредсказуема. Моделирането на процесите показва, че генерирането на вълни с аномална височина в резултат на развитието на нелинейна неустойчивост много силно зависи от началните условия.

В заключение можем да обобщим, че всички предложени досега механизми за възникването на единични гигантски морски вълни, за да демонстрират своята ефективност, изискват или много специални начални условия, или пък координираното действие на множество специфични фактори. Обяснението на това удивително явление (и което е още по-важно – намирането на надеждни методи за неговото прогнозиране)

Трудността, която трябва да преодолее предложеното обяснение за възникването на гигантски вълни в открито море, се състои в следното. При разглеждането на механизма на нелинейно фокусиране на вълновата енергия се приема, че началното състояние е една строго периодична еднородна вълнова последователност. Ако обаче това начално състояние представлява суперпозиция на вълни с различна честота и дължина на вълната, които се разпространяват в повече или по-малко различаващи се направления, картината става много

продължава да бъде една актуална и практически важна задача за физиката на вълновите процеси.

Литература

1. E. Heller. Freak waves: just bad luck, or avoidable? Europhysics News, September/October 2005, pp. 159-162.
2. Е. Н. Пелиновский, А. В. Слюняев. „Фрики”-морские волны-убийцы. Природа, №3, 2007.
3. F. S. Crawford. Waves – Berkeley Physics Course, vol.3, McGraw-Hill (руски превод: Ф. Крауфорд. Волны-Курс физики, 3т., Наука, М., 1974)
4. a. I. Lacrenov. The wave energy concentration at the Agulhas current of South Africa. Natural Hazards, v. 17, 1998, pp. 117-127.
- b. И. В. Лавренов. Математическое моделирование ветровых волн в пространственно-неоднородном океане. СПб, 1998.
5. B. S. White, B. Fornberg. On the chance of freak waves at sea. Journal of Fluid Mechanics, v. 355, 1998, pp. 113-138.
6. K. B. Dysthe. Modeling a “rogue wave” – speculations or a realistic possibility? Proceedings of conference “Rogue waves 2000”, Brest, France, 29-30 November, 2000, pp. 255-264.
7. Proceedings of the conference “Rogue Waves 2000”, Brest, France, 29-30 November 2000 → <http://www.ifremer.fr/metocean/conferences/wk.htm>
8. Proceedings of the conference “Rogue Waves 2004”, Brest, France, 20-22 October 2004 → <http://www.ifremer.fr/web-com/stw2004/rw/>
9. MaxWave home page: <http://coast.gkss.de/projects/maxwave>

Посетете нашия сайт
WOR.COINTECH.NET

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

ЖИВОТ, ОТДАДЕН НА НАУКАТА И ЗАВЪРШИЛ СЪС „ЗАВИДНА СМЪРТ”

300 години от рождението на Г.В. Рихман

Н. Балабанов

Исторически фон

През XVIII век науката бележи бурно развитие, особено в областта на природознанието. Физиката първа сред природните науки се „еманципира” и се превръща в самостоятелна тяхна област. Почти във всички европейски страни експерименталната физика привлича вниманието на широките слоеве на обществото.

За Русия първата четвърт на XVIII столетие е време на важни промени във всички области на живота. Това са години, през които държавата сваля оковите на вековната изостаналост и застава в един ред с най-развитите страни в Европа. Петър Велики провежда големи реформи, в това число и в системата на образованието. Самият цар е предприел няколко задгранични продължителни пътувания, за да се запознае с артилерийските и морските науки, корабостроенето и др. Биографите му споменават, че се е срещал с такива велики учени, като Лайбниц и Нютон. По време на престоя си в корабостроителниците в Холандия се запознава с един от най-популярните експериментатори и преподаватели на физиката – професор Петер Мушенбрюк.

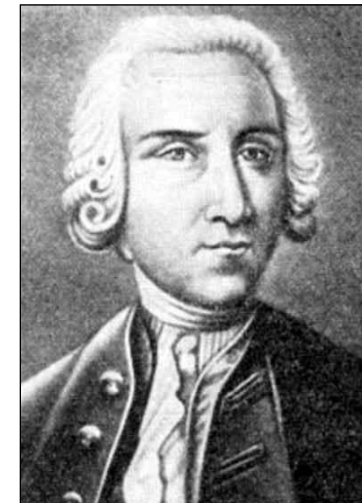
След завръщането си в Русия Петър I заповядва да се купуват книги и прибори от европейските страни, да се канят чуждестранни учени и майстори, да се изпращат млади руски дворяни на обучение в чужбина. В една от заповедите конкретно се указвало: „Да се вземат нови инструменти за физиката и химията..... Да се възложи на г-н Мушенбрюк да изготви инструменти и машини за физически експерименти.”

През 1724 година по препоръка на самия Лайбниц и на видния руски църковен и обществен деятел Ф. Прокопович (ръководител на т.нар ”научна дружина” на царя), Петър I издава указ за създаване на Санкт-Петербургска Академия на науките. За разлика от повечето европейски академии, Петербургската не била доброволно сдружение на учени, а държавно учереждение. Още през първите години на нейното съществуване били създадени: физически кабинет, астрономическа обсерватория, анатомичен театър, механични и оптични работилници, ботаническа градина, типография, библиотека и др. Освен това, за подготовка на научни кадри и за развитието на образованието, към Академията били разкрити гимназия и Университет. Това било друга важна нейна особеност – съчетаването на научни и учебни функции.

Усилията на руския държавник за възраждането на науката в Русия били оценени от европейските научни среди. През 1717г. Петър I бил избран за почетен член на Парижката Академия на науките. Един от първите учени, привлечени в новооткритата Академия, бил немският физик Г. В. Крафт. Благодарение на неговата инициативност и активност (той е работил там от 1725 г. до 1744 г.) физическият кабинет в Петербург

бил един от най-добрите в Европа. Пряк наследник на професор Крафт бил академик Г.В. Рихман.

Георг Вилхелм Рихман е роден на 11 юли, 1711 година в Пярн (град в територията на днешна Естония). Учил е в университетите в Хале и Йена. След това от 1735 до 1740 г. бил зачислен като студент във „физическия клас” на университета към Санкт-Петербургската АН. През 1740 г. бил назначен за адюнкт (асистент), а през 1741 г. – избран за академик и професор в университета. През 1744 г. приема от проф. Крафт физическия кабинет и става негов ръководител.



Георг Рихман (1711-1753 г.)

Последвало десетилетие на активна изследователска дейност. За съжаление през 1753 г. проф. Рихман загинал по време на опити с атмосферно електричество. През своя кратък творчески път той се е занимавал главно с изследване на топлинни и електрически явления. Приносите му в тези области са високо оценени от специалистите.

Г. В. Рихман и физиката на топлинните явления [1-3]

XVIII век може да се смята за епоха на основаването на експерименталната топлофизика и преди всичко на термометрията и калориметрията. Ситуацията в областта на топлинните явления по това време била сложна. Липсвала яснота по отношение на основните понятия: температура, количество топлина, топлемост, топлопроводност и т.н. Експерименталните методи били твърде несвършени, което създавало сериозни трудности за построяването на физична теория за тези явления.

Рихман бил убеден в необходимостта от развитие на експеримента като основа за теоретичното обяснение на явленията: „Във физиката не е лесно да се установи нещо, без да се прибегва до опити и изследвания. Големите разсъждения, неподкрепени с опити, често водят до грешки.” Със своите изследвания по калориметрията, Рихман може да се смята за **един от основателите на топлофизиката**.

Първите походи в калориметрията предприел академик Крафт, а след него и приемникът му – Г. Рихман. Крафт се опитал да реши задачата за определяне на температурата на смес от две порции течности, загрети до различни температури, но получил грешна формула. През 1750 г. Рихман публикувал статия, в която обобщил резултатите от своите изследвания. Въз основа на принципа на топлинния баланс той намерил формула за определяне на температурата в смес от няколко течности. Полученият от него израз е известен във физиката като „формула на Рихман”.

Забележителен е фактът, че Рихман достигнал до правилна калориметрична формула и я обосновал логически преди още да е изяснено понятието ”количество топлина”. Специалисти по история на физиката смятат, че с тези опити **Рихман е поставил основата на калориметрията**.

Петербургският учен е изследвал влиянието на различни фактори върху процеса на топлообмена, изучавал изпаренията на течности и на тази основа е създал редица метеорологични и термометрични прибори. Неговото дело било продължено от много изследователи, благодарение на което постепенно започнали да се изясняват основните калориметрични понятия.

Използвайки методите на Рихман и неговата формула, шотландския химик Дж. Блек провел първите измервания на топлината на топене на лед и на парообразуване на вода (1762 г.). Същият учен въвел и понятието „топлоемност“. По-нататъшното изясняване на това понятие се дължи на И. Вилке – шведски учен, който също повторил опитите на Рихман и провел първи измервания на топлината на топенето на твърди тела през 1772 г. И през следващите десетилетия няколко поколения изследователи са използвали „метода на смесването“, въведен от Рихман. През 1819 г. методът е приложен от френските учени П. Дюлонг и А. Пти, които експериментално установили знаменития закон за постоянство на произведението от специфичната топлоемност и атомното тегло. Това се оказал изключително ценен за химията закон, до чийто окончателно тълкуване се е достигнало един век по-късно, след създаването на квантовата статистика. По такъв начин Рихман е поставил началото на верига от изследвания с важно значение за развитието на физиката на топлинните явления.

Електрическите изследвания на Рихман [1,4,5]

През XVIII век изследванията на електрическите явления станали една от централните теми на физиката. Дотогава били натрупани маса несвързани наблюдения и предложени обръкани „теории“. Съществено значение за развитието на експерименталните изследвания имало създаването на разнообразни електростатични машини и особено – изобретяването на „Лайденската стъкленица“ (1745-1746 г.). Един от нейните автори бил споменатия вече и превърнал се в знаменитост професор П. Мушенбюрк.

Европа била залята от „лайденската епидемия“. Били изготвяни все по-мощни стъкленици, от които се получавали все по-големи електрически искри. На първо време тези постижения послужили повече за развлечения, отколкото за изследвания. Пред възторжените тълпи били организирани цели театрални зрелища. Развлечението се състояло в това, че няколко стотин души се хващали за ръка и образували верига. Когато първият от редицата се докосвал до лайденската стъкленица, всички подскачали едновременно като по команда.

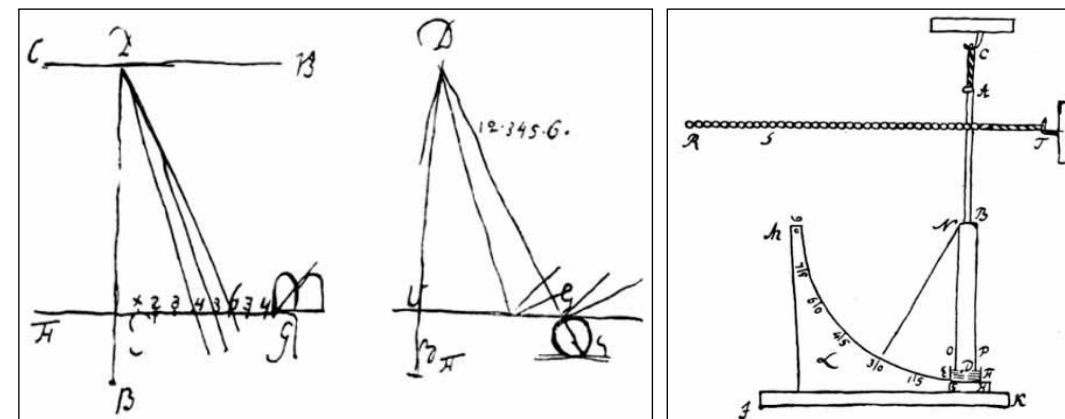
За „лайденската епидемия“ пише авторът на „История на физиката“ проф. П. С. Кудрявцев: „Електрически опити били провеждани в светски салони, в кралски дворци, на заседания на научните дружества и в частни домове“ [1]. Ето как коментира това обществено явление друг автор: „Вестта за откриването на лайденската стъкленица с бързината на електрически удар започнала да се разпространява по Европа, дори в не много просветената по онова време Америка. В лаборатории, аристократични салони, на панаири са били поставени удивителни опити, едновременно неприятни, забавни и вълнуващи“ [6].

Самите изследвания на електрическите явления имали ярко изразен емпиричен характер, понякога също доста забавен. Анекдотичен е случаят с „изследванията“ на Р. Симер – член на кралското научно дружество. Господинът носил едновременно два чифта копирени чорапи – черни и бели, които обувал един върху друг. Събувайки ги, той забелязал, че чорапите се оказвали наелектризирани: чорапите с един и същи цвят взаимно се отблъсквали, а разноцветните се привличали. Чрез тези наблюдения проф. Симер достигнал до своя дуалистична теория за електричеството.

Петербургският физик Г. Рихман започнал самостоятелни изследвания на електрическите явления през 1745 г. По-късно той описал своите първи впечатления по следния начин: „Аз се срещнах с много нови явления, по нататък открих нов удобен начин да изследвам телата, притежаващи първично, и тела, притежаващи производно електричество“. „Първично“ електричество учения нарича онова, което се създава в изолаторите чрез триене, а „производно“ – електричеството в проводниците, получено при контактите им със заредени тела.

Съществено нов елемент в изследванията на Рихман е, че той се опитал, по неговите думи „да измери“ електричеството. Дотогава тези изследвания били описвани само качествено. Такъв качествен характер има и „скалата“ за оценки на електричеството, която е използвал колежата на Рихман – Ломоносов. Ломоносов използвал следните степени за характеризиране на искрите, получавани при контакти със заредени тела: „синкави“, „ярко синкави“, „твърде червени“, „вишневи“ и т.н.

Голямата заслуга на Рихман е в това, че той е един от първите, които са превърнали изследванията на **електричеството в точна наука**.



Рисуна на Рихман:
Първият проект на електростатичния
указател

Електростатичният указател
на Рихман (фигура от
неговата статия)

Още през 1745 г. Рихман конструирал „електрически указател“ – може би първия в историята електроизмервателен уред. Приборът се състои от метална пръчка, към горния край на която е окачена лека ленена нишка. При наелектризиране на пръчката

нишката се отклонява и това отклонение се измерва с помощта на скала, прикрепена към пръчката. Нишката била точно претеглена, за да могат да се правят по-прецизни измервания. Според някои автори електрическият указател на Рихман може да се приеме за прототип на по-късните електрометри.

През следващите години (1746-47 г.) Рихман конструирал „електрометър”, основан на принципа на везните (тегловен метод), в който силата на привличане между две заредени тела се измерва със силата на тежестта. Както се изразява самият автор, той се опитал да „претегли електрическата сила”.

Описанието на експериментите на Рихман било публикувано в „Нови коментари” на Санкт-Петербургската Академия през 1751 г. – шест години след първите му опити. Тази статия се смята за **първата публикация за електричеството в Русия**.

През 1753 г. излязла втората публикация на Рихман: „Разсъждения за електростатичния указател и за използването му при изследване на явленията изкуствено и естествено електричество”. В нея авторът споделя:

„Преди осем години аз пристъпих към изследване на електрическите явления. Съвършен електрометър, т.е. инструмент за определяне на електрическата сила, без съмнение може само да подпомогне развитието на теорията за електричеството. Ето защо от самото начало аз започнах да мисля за удобен начин за определяне на интензитета на електричната сила.”

Това е непосилна за онова време задача. Такива инструменти, за каквито мечтаел учения, били създадени след повече от сто години. Въпреки това Рихман непрекъснато се занимавал с усъвършенстването на своя „указател”, осъзнавайки, че „съвършеният електрометър трябва да окаже голяма полза в откриването и дефинирането на законите на електричеството”.

Интерес представляват опитите на Рихман, в които той наблюдавал разреждането на наелектризираните тела чрез последователни контакти с незаредени. От своите наблюдения ученият направил извода „...електричеството през всичкото време намалява. При това когато се допират тела с по-голяма маса, намаляването е повече, а когато се допират тела с по-малка маса, намаляването е по-малко. Изглежда вероятно, че самите носещи се във въздуха корпускули и другите близки тела, способни да се зареждат с производно електричество, влияят за намаляването така, че това електричество се разпределя между тези тела”. Така Рихман стига до извода за разпределението на електричеството между телата при тяхното съприкосновение и неговото запазване в изолирано тяло. Според някои автори с тези наблюдения ученият е открил явлениято индукция [2].

С помощта на своя „указател” Рихман започнал да изследва геометрията на полето около заредени проводници с различна форма. За съжаление, преждевременната му смърт прекъснала тези интересни и плодотворни негови търсения.

За други експерименти на учения научаваме от негова статия, публикувана 5 години след смъртта му (1758 г.). Той открил, че „електрическата материя възбудена около тялото, по необходимост трябва да го опасва на известно разстояние. На малко

разстояние от повърхността на тялото нейното действие е по-силно; следователно, при увеличаване на разстоянието нейната сила намалява по някакъв, засега още неизвестен закон”.

Интересно тълкуване на тези разсъждения прави проф. Кудрявцев: „С помощта на своя указател Рихман открива съществуването на електрично поле около зареденото тяло, интензитета, на което намалява с увеличаване на разстоянието от тялото „по някакъв, засега неизвестен закон”. По такъв начин на руския учен принадлежи **честта за откриване на електричното поле** /курсивът е мой – Н.Б./ и за напълно определеното твърдение за зависимостта на действието на това поле от разстоянието до неговия източник.

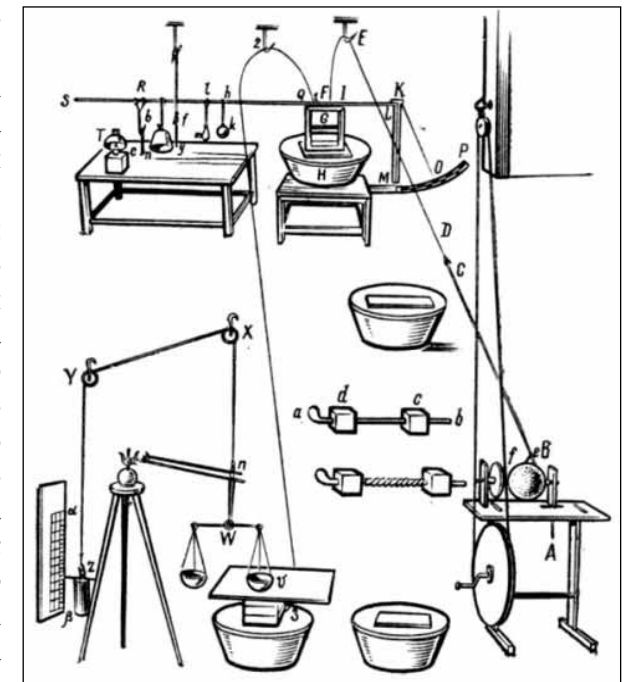
Този „неизвестен засега закон” е бил намерен след 40 години от Кулон [1].

Фаталният експеримент [6, 7]

В края на 40-те години на XVIII век американският обществен деятел и учен Бенджамин Франклин провел редица интересни експерименти, в някои от които доказал електрическата природа на мълниятата. Изследванията имали предимно качествен характер. Рихман предприел опити с помощта на своя „указател” да проведе количествени измервания. Към тези изследвания се присъединил и неговия колега М. Ломоносов.

Установката на Рихман, както и първите наблюдения с нея били подробно описани в „Петербургски ведомости” (бр. 50, 1752 г.). Така наречената „гръмотевична машина” имала следното устройство: от метален прът, закрепен на покрива на къщата се спускал проводник до кабинета на учения и се свързвал с „указателя”. Подобно устройство било монтирано и в дома на Ломоносов.

„Гръмотевичната машина” представлявала своеобразен гръмоотвод, обаче отведен не в земята, а в „указателя” на Рихман. Следователно това е било по-скоро „мълниопровод”. Рихман явно е осъзнавал риска от провеждането на експериментите с това устройство, което личи и от неговите записки: „Очевидно днес и на физиците се предоставя възможност да проявят своего рода безстрашие и смелост в рисковано дело”.



Разположение на приборите в електрическите опити на Рихман

Поради интереса към тези изследвания било планирано на поредното ежегодно публично събрание на Академията на 7.9.1753 г. Рихман и Ломоносов да докладват за своите наблюдения върху атмосферното електричество. Учените чакали удобен случай. Такъв им се предоставил на 26 юли същата година.

На този ден до обяд Рихман и Ломоносов заседавали в Академията. Към 12 часа над града започнали да се струпват огромни черни гръмотевични облаци. Двамата учени помолили да бъдат освободени, за да проведат своите изследвания. Веднага се отправили към домовете си, които били на съседни улици във „Василевския остров“. Както бил с официалните си дрехи, без да се преоблича, Рихман застанал до своя уред в очакване да регистрира поредната мълния. Той бил твърде близо до установката, когато огненото кълбо го ударило право в челото. Раздал се страшен гръм и ученият (както и придружаващият го сътрудник) бил повален на земята. Спешно пристигналите лекари констатирали смъртта му.

Ломоносов също се заел с наблюдения, но при вида на изскачащите от проводника искри, съпругата му настояла да напусне кабинета и да седнат да обядват – “супата била сервирана”. В писмото, което той пише същия ден до И. Шувалов (фаворит на императрицата), обяснява много подробно какво се е случило с Рихман, както и своето поведение по това време: “Любопитството ме задържа две-три минути, докато не ми казва, че супата ще изстине, освен това електрическата сила почти престана.”

Трагичната гибел на Рихман предизвикала различни реакции в Русия и в цяла културна Европа. Руската православна църква поискала незабавна забрана за подобен род “богопротивни изследвания”; случаят с Рихман се тълкувал като “божие наказание”. Шокирани от случая били и голяма част от членовете на Академията. Под натиска на общественото мнение нейният председател отложил с повече от два месеца планираното съобщение от Рихман и Ломоносов.

Изследванията на Рихман, както и драматичните последици от тях, имали и своя положителен ефект. Осъзната била необходимостта от сигурни предохранителни мерки при подобни изследвания. Оценявайки приносите на Рихман и неговите съвременници, проф. Льоци заключава: “В Италия тези изследвания са станали причина за нов подем в науката”. (“История на физиката”[3])

По думите на английския физик Дж. Пристли “експериментирайки с мълниците, Рихман намерил своята “завидна смърт”. Жалко, разбира се, че тази смърт прекъсва творчеството на един 42-годишен талантлив учен. (Интересен факт от биографията на Пристли е, че и той за малко да умре със “завидна смърт”. През 1794 г. заради неговите революционни идеи тълпи от калугери разрушили лабораторията му и заплашили живота му, поради което той бил принуден да търси убежище в Америка).

Ломоносов – връстник, сътрудник и колега на Рихман

М. В. Ломоносов се е родил няколко месеца по-късно от Рихман – на 19.11.1711. Учил е пет години в Московската Славяно-гръко-латинска академия, след това – пет и половина години в университетите в Марбург и Фрайбах (Германия). През 1741 г. се

завърнал в Петербург и отново бил зачислен като студент в курса по физика (30-годишен студент!). През следващата година бил назначен за адюнкт в същия курс, т.е. за асистент на академик Рихман. Вече през 1745 г. Ломоносов е бил избран за академик (професор в университета) по химия.

За активната творческа дейност на този учен е писано много. Предполагам, че неговата 300-годишнина ще бъде отбелязана с необходимите почести и признания. Тъй като за Ломоносов читателите знаят многократно повече, аз си поставих за цел да възстановя заслугите във физиката на Рихман, почти неизвестен за широката общественост (освен с факта за трагичната му гибел).

Впрочем, твърде разпространено е мнението, че със своите изследвания, в това число и във физиката, Ломоносов е изпреварил своето време. Това внушават много руски автори на книги по история на физиката, като го наричат “предшественик на Максвел” [5], “предугадал бъдещото развитие на термодинамиката”[2], “изпреварил постиженията на физиката през XIX век” [8] и т.н.

Уместна за случая е забележката на Л. Ледерман, че фразата “изпреварил времето си” е изтъркана от употреба [9]. Ученият твърди, че тази констатация важи дори и за Галилей и Нютон: “И двамата са били съвсем точно за своето време, нито по-рано, нито по-късно... Гравитация, експерименти, измервания, математически доказателства – всички тези неща се носели във въздуха. Галилео, Кеплер, Брахе и Нютон били приемани по тяхното си време, защото предложили идеи, които научната общност била готова да възприеме” [9].

Тези думи са напълно подходящи за науката на Ломоносов. Той е живял “в своето време”, познавал е и споделял идеите, които са “се носили във въздуха”. В знаменития “Курс по физика” на О. Д. Хволсон (5 тома, общо над 4000 страници) не се споменава за никакви постижения на Ломоносов във физиката. Има само една забележка по отношение на закона за запазване на материята (откритие, което се приписва на Ломоносов и Лавуазие): “Този принцип даже в древността се е приемал като нещо самоочевидно”.

Безспорно Ломоносов е бил ярка личност, многостранен талант с енциклопедични знания и с приноси в много области на хуманитарните, природните и техническите науки. Все пак смятам, че заслугите за физиката на този голям учен са ненужно преувеличени.

Натрапва ми се една аналогия на “образа” на Ломоносов като физик, “обрисуван” от съветската историография, с популярния портрет на учения, нарисуван от неизвестен художник през XVIII век. Интересно описание на този портрет прави В. Карцев в книгата “Приключенията на великите уравнения”: “Превъзходно охранен господин на средна възраст, с двойна брадичка. Господинът е облечен в разкошно извезан със злато редингот. Грижливо поддържаните, леко пухкави ръце на господина стоят много елегантно, дясното му кутре е повдигнато с онази задължителна изящност, каквато е била приета в най-добрите домове на Петербург в средата на XVIII век” [6].

Не, това не е истинският Ломоносов! Нито неговите колеги, нито роднините му са го описвали като такъв “процфтяващ, сит и замечтан придворен”. Приведох горния

цитат, защото ми се струва, че заслугите на този учен във физиката са понатруфени по същия начин, както и образът му в споменатия портрет. Но докато портретът е рисуван от посредствен художник преди 250 години, приносите на Ломоносов във физиката са формулирани през XX век от много съветски автори и авторитети (включително от академиците С. Вавилов и П. Капица)

Безспорен интерес представляват оценките за приносите на Ломоносов в западноевропейската историческа литература. В тритомната “История на физиката” от немския професор Ф. Розенбергер, преведена и издадена на руски език през 1936–37 г. (понастоящем се издава отново), никъде не се споменава името на Ломоносов. А във въведението, написано от руския автор, е казано, че “книгата на Розенбергер е най-добрият сборен очерк по история на физиката от гърците до XIX век”.

В много по-новата “История на физиката” от италианския професор М. Льоци, издадена на руски език през 1970 г. също няма нито един ред за приноса на Ломоносов във физиката. За заслугите на Рихман са отделени няколко страници. Сред 4000-те страници на енциклопедичната физика на Хволсон също не се споменава за приноси на Ломоносов.

Може ли да се допусне, както се прокрадва в достъпната ни литература, мнението, че западноевропейските учени не са познавали или са пренебрегвали трудовете на Ломоносов? Против това се натрапват следните факти:

– Ломоносов е учил в германски университети пет и половина години – той е възпитаник и “творение” на западната наука;

– По негово време членове на Петербургската академия са били такива знаменитости като Ойлер, Бернули, Крафт, Даламбер и Дидро (последните двама са автори на френската Енциклопедия за наука, изкуство и занаяти);

– През следващите десетилетия – вече през XIX век, почетни членове на Петербургската академия са били Ампер, Лаплас, Араго, Фарадей и др.

Може ли тези учени да не са познавали успехите и постиженията на науката в Русия?

Впрочем, през XIX век за заслугите на Ломоносов са писали много знаменити личности със световно признание: Пушкин, Гогол, Радищев, Чернишевски, Херцен, Белински – все руски писатели и литературни критици. Приносите на учения в литературата, историята и литературния език са високо оценени. Пушкин го определя като “историк, ритор, механик, химик, минералолог, художник и стихотворец” и добавя: “Той всичко е изследвал, навсякъде е проникнал”.

Може би последната мисъл е била водеща за съветските историографи през първата половина на XX век, които се опитват да докажат, че Ломоносов е “проникнал навсякъде”, в това число и във физиката. Както вече посочих, западноевропейската литература е въздържана по отношение на тези оценки.

Искам да подчертая, че целта на тези коментари не е да се подценят заслугите на Ломоносов във физиката, а само да се уточнят, дори по-скоро да се постави начало на дискусия за такова уточняване. Това няма да навреди на авторитета на големия учен,

заслужено наречен от Пушкин “първият университет на Русия”. Но този авторитет не бива да се изгражда за сметка на умаловажаването на неговите съвременници.

Защото по същото време – през средата на XVIII век в Русия е живял, работил и отдал таланта си на науката един знаменит физик – Георг Рихман, чиято 300-годишнина заслужава нашата признателност и почит.

Литература

1. Кудрявцев, П. С., Курс истории физики. Москва, “Просвещение”, 1974
2. Кудрявцев, П. С., В “Очерки развития основных физических идей”. Москва, изд. АН СССР, 1959, стр.198
3. Льоци, М., История физики. Москва, “Мир”, 1970
4. Дорфман, Я. Г., История на физиката, том 1. София, “Наука и изкуство”, 1980
5. Спаський, Б. И., История физики, част 1. Москва, “Высшая школа”, 1970
6. Карцев, В., Приключения великих уравнений. Москва, “Знание”, 1986
7. Лишевский, В. П., Ученые – популяризаторы науки. Москва, “Знание”, 1987
8. Храмов, Ю.А., Физики. София, “Наука и изкуство”, 1980
9. Ледерман, Л., Д. Теръси, Частицата Бог. София, “Просвета”, 1997

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

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

М. Замфиров, Н. Вучков

Статията се посвещава на всички онези български учени, работили, работещи и които ще работят в една от най-красивите области на физиката – квантовата електроника.

Присъща на човека характеристика е, че много по-лесно свиква с удобствата и лукса, отколкото с лишенията и несгодата и много по-бързо се нагажда към комфорта, отколкото към спартанското. В този смисъл, едва ли мнозинството от хората си дават сметка колко от улесненията, на които се наслаждават в ежедневието си, се дължат именно на технологиите, включващи лазерното лъчение. И ако за момент допуснем, че лазерите изобщо не са били създадени, колко ли от нещата, заобикалящи ни, биха изчезнали? CD/DVD устройства, лазерни принтери, лазерна връзка, лазерна локация и контрол, лазерна обработка на материали и много други... В хирургията лазерът е безкръвен, безболезнен, не оставящ белези и непричиняващи травми скалпел. Фотодинамичната терапия на рака, изгарянето на язви, операциите на ретината, „почистването“ на коронарната артерия и лекуването на флебит – това е само част от списъка на медицинските приложения на лазера. ...и още много и много видими и невидими „помощници“ на човека.

Но за да станат такива, „помощниците“ е трябвало първо да бъдат създадени.

Началото...

Светлинните лъчи се появяват в човешката история или като литературни творби, задоволяващи масовия глад на читателя за невероятни приключения (през 1898 г. в романа си „Война на световите“ Х. Уелс описва как марсианците нападат Земята и стрелят със смъртоносни светлинни лъчи), или като разработки, необходими за нападателни или отбранителни действия (използването на огледала от Архимед през 214 г. пр. н.е., които фокусирали слънчевите лъчи върху римските галери на Клавдий Марцел, които по този начин били подпалени)¹.

Разбира се, преди учените да се заемат с този въпрос светлинното лъчение си е оставало литературен трик. Например в научно-фантастичния роман на А. Толстой „Хиперболоидът на инженер Гарин“, описваното устройство създава остър като игла поток от неразсейващи се лъчи. По думите на инженер Гарин в природата не съществува нищо, което може да се съпротивлява на силата на неговия лъчев шнур. „Здания, крепости, линейни и въздушни кораби, скали, планини, земната кора – всичко ще пониже, ще разруши и ще разреже моят лъч“ – твърди той.

Учените

Оформянето на идеята за квантова генерация и създаването на лазера е дълъг процес, който обхваща период от около четири десетилетия. През 1917 година, човекът, който изказва предположение, че е възможно стимулирано излъчване на светлината, е Алберт Айнщайн, чрез публикуването на своя статия, посветена на спонтанното и принуденото излъчване на електромагнитни вълни.

Двадесет и две години по-късно, през 1939 г. московският физик В. А. Фабрикант в своята докторска дисертация обосновава възможността да се използва светлинно излъчване за създаване на среда, усилваща светлината. През войната работата била преустановена, но след това продължава и през 1951 г. професор Фабрикант със своите сътрудници М. М. Вудински и Ф. А. Бутаева оформят заявка за авторско изобретение, в което предлагат „начин за усилване на електромагнитно лъчение, основан на използването на явлениято стимулирано излъчване“. Начинът бил пригоден за усилване на ултравиолетовия, видимия и инфрачервения спектрален диапазон, както и на радиообхвата. Приемателната комисия сметнала идеята за неосъществима и тя не била регистрирана, но през 1959 г. на експертите се наложило да преразгледат своето решение. Изобретателите получили авторски свидетелства с признат приоритет от 18 юни 1951 г.

През 1951 г. известният физик Пърсел и неговият сътрудник Паунд успели така силно да нарушат топлинното равновесие на веществото, че то станало активно – излъчваните от него лъчи били с по-голяма интензивност от погълнатите електромагнитни вълни. Този опит бил проведен с радиовълни, но тъй като принципът на стимулиране бил един и същ, опитът запазил практическото си значение, макар и да не бил доведен докрай. Ако били насочили към кристала външна радиовълна тя би могла да бъде усиlena.

Мазерът свърши своята работа, мазерът може да си върви

За година на раждане на квантовата електроника се приема 1954 г., когато Н. Г. Басов и А. М. Прохоров от физическия институт „П. Н. Лебедев“ и Ч. Таунс, Дж. Гордън и Х. Цайгер от Колумбийския университет едновременно и съвсем независимо едни от други получили с помощта на молекули стимулирано излъчване на електромагнитни трептения със свръхвисока честота. Учените от бившия СССР го нарекли молекулен генератор, а американците – мазер (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation – усилване на микровълни с помощта на стимулирано излъчване).

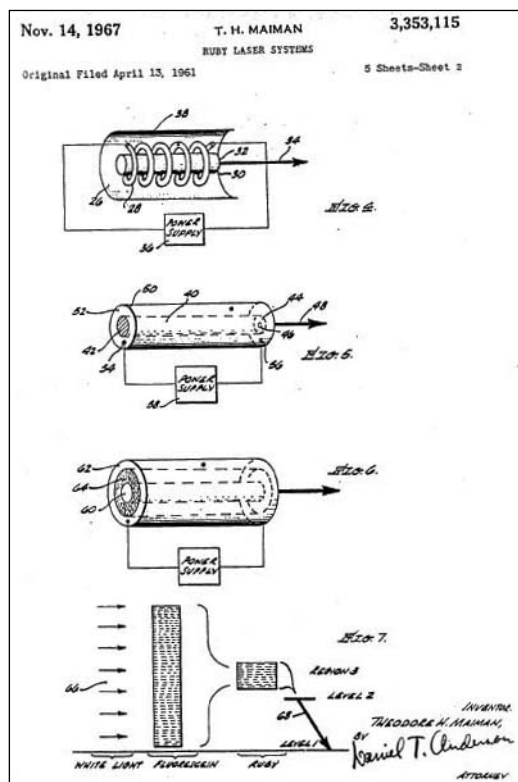
Въпреки този забележителен успех част от учените продължавали да смятат, че не е възможно да се осъществи стимулирано излъчване във видимия обхват на светлината, но постепенно натрупваните все по-нови факти започнали да променят техния скептицизъм.

Учените от бившия Съветски съюз В. К. Аблеков, М. Е. Песин и И. Л. Фабелински успели с помощта на електричен разряд в пари на живак и цинк да усилят светлин-

ния поток 10 пъти. Усиленото излъчване било червено. Н. Г. Басов и А. М. Прохоров предложили нов метод за създаване на обратна (инверсна) населеност – система с три енергийни нива (тази система ще бъде разгледана по-нататък). През 1958 г. Прохоров, а в САЩ А. Шавлов и Ч. Таунз предложили за светлинния диапазон да се използват отворени резонатори. Така, атакуван от всички посоки, на светлинния обхват не му оставало нищо друго, освен да се предаде.

Червено слънце в длани

През юни 1960 г. в лондонското списание „Физикъл ревю летърз“ се появило съобщение от Т. Меймън, че е получил червена флуоресценция на рубинов кристал, като го осветявал със зелена светлина. Два месеца по-късно списание „Найчър“ съобщава за работата на лазер (от Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – Усилване на светлина с помощта на стимулирано излъчване), а след това излиза и статия с подробно описание на неговата конструкция. Принципът на действие на този уред бил еднакъв с принципа на действие на мазера, поради което Меймън просто заменил първата буква на думата мазер с „л“ и тази скромна операция отбелязала началото на лазерната епоха.



Патентът на Мейман



Описание на патента на Мейман

Вестниците се изпълват със заглавия: „По-ярко от Слънцето“, „Кървавият лъч“, „Поразяващият лъч“, а сред любителите на научнофантастичната литература се намират и поклонници на Алексей Толстой. Те не пропускат да напишат „Новият Гарин“ и „Хиперболондът на нашите дни“ и много други неща.

Наистина има защо да се вдига толкова шум. Мейман показва на журналистите неговия уред, в горната част на който лежи метален цилиндър, голям колкото еднолитрова консервна кутия. В средата на неговото чело се вижда малък отвор.

– Внимание – казва Мейман, показвайки листа, прикрепен на стената на лабораторията.

Изведнъж в средата на листа за миг избухва малко, яркочервено ослепително петно.

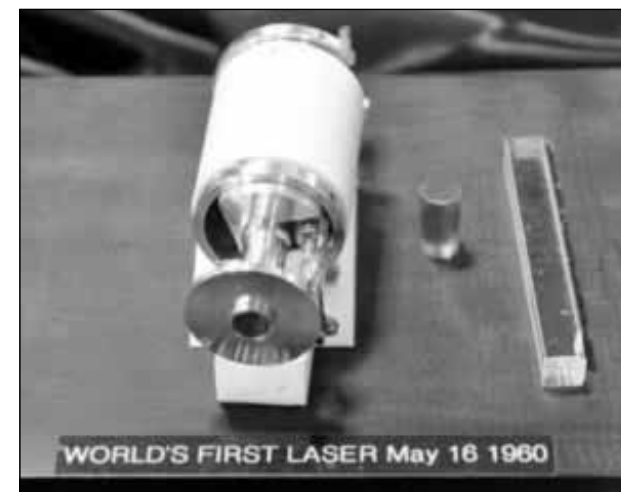
– Още веднъж – казва Мейман и отново натиска бутона.

Тези, които са гледали уреда, са видели как от неговото чело излетява лъч с дебелина на молив. Той почти не се е разширявал и се опирал в стената, завършвайки с ослепително кръгло петънце.

След няколко опита отварят цилиндъра. В него има само два предмета. Спирална импулсна лампа, като онези, които използват фотографите, и бледорозов прозрачен кристал колкото обикновена цигара. Краищата му блестят. Те били покрити с огледален слой сребро.

Розовата пръчка е направена от изкуствен рубин. Такъв, но още по-светъл рубин се употребява в мазерите за усиление на микровълните. Рубинът изглежда червен само защото поглъща зелените и виолетовите лъчи на светлината. Ако отстраним тези лъчи от бялата светлина, остатъкът изглежда червен.

В поглъщането на светлината не участва целият материал, от който е съставен кристалът, а само йоните на хрома, които са едва частица от процента. Но именно те играят основната роля в работата



Лазерът на Мейман

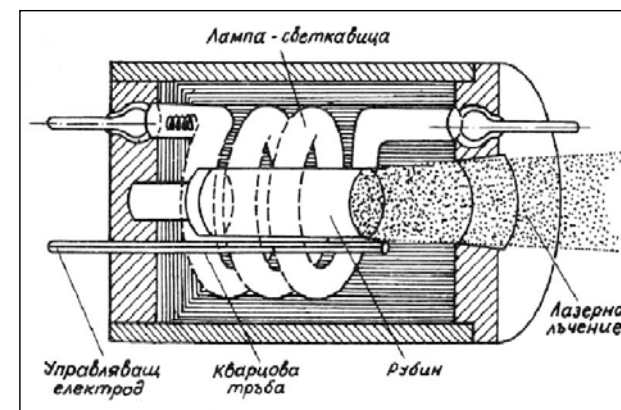


Схема на рубинов лазер

на уреда. Облъчвайки рубина с радиовълни, можем да заставим йоните на хрома да ги усилят.

Мейман се досеща пръв, че като облъчва рубина със светлина от импулсна лампа, той може да усили светлината. Опитът, добит от работата с мазерите, и статиите на Таунс говорят, че като се приложи обратната връзка, усилвателят може да се превърне в светлинен генератор, който действа като обикновен радиопредавател. Известно било и какъв резонатор може да се използва при работа със светлината. Това са двойка успоредни огледала. Но най-лесно е да се полират краищата на рубиновата пръчка и да се нанесе върху тях огледален слой сребро.

Фактът, че новият генератор излъчва червена светлина, ни най-малко не е свързан с червения цвят на рубина. Както знаем, той се дължи на поглъщането на зелените и виолетовите лъчи. А червеният цвят на лъча на първия лазер се определя от това, че енергетичните нива на хромовия йон, които участват в работата на уреда, са един от друг на разстояние, равно на енергията на фотоните на червената светлина.

На въпроса, защо нарича новия уред „лазер“, Мейман отговоря, че просто е заменил буквата „м“ в „мазер“ с буквата „л“. И добавя: „Принципът на действие на двата уреда е еднакъв. Различават се само по диапазоните на дължината на вълните, с които те работят. Буквата „л“ (е съкращение на думата „лайт“ (светлина). Останалите букви означават „усилване с помощта на индуцирано излъчване“.

Това събитие наистина има огромен отзвук по света, като в България се сформира група за да проучи това откритие.

Семинарът

Проф. Параскева Симова споделя следното: „Около 1961-62 година започна семинарът във Физическия институт, като интересът беше предизвикан от статия за лазера, не за мазера. В литературата се появяваха едно след друго открития и ние решихме да се пообразоваме. Така създадохме един семинар по лазери. Председател на семинара беше акад. Емил Джаков, като участва много голяма група. Цялата лаборатория по оптика и спектроскопия, по електроника (със В. Стефанов), може би също и П. Атанасов, може би и Съботинов.

Семинарите са седмични, като на тях се четат литература, списания и се изнасят доклади, с цел пълното разбиране функционирането на лазера. Така участниците разбират какво значение има лазера за оптиката като източник, а за електрониката като обект на изследване и създаване.

Ст. н. с. д-р Пенка Кирчева допълва: За лазери започна да се говори в Института през 1963 година, тогава някаква статия в сп. Успехи Физических Наук, и тази статия тя беше от ръце на ръце предавана. После В. Стефанов започна да прави опити с рубинов лазер.

Ст. н. с. д-р Васил Стефанов споделя: Симова беше много заинтересована от лазерите и по нейна инициатива събрахме една група 25 души, 4-5 лаборатории, 25 души, нещо невиджано за нашия институт.

Заседанията се провеждат редовно, но след като установяват, че няма да излязат бързо публикации, групата за около година и половина се разпада.

Според спомените на В. Стефанов: *Купихме от Швейцария първия рубин, но нямаше лампи, а първите импулсни лампи у нас ги правихме ние, понеже лазера трябваше да се възбуди. Кристалът си беше обработен с двете му основи, с диелектрични покрития, и посребрихме плътно двете страни химически. После трябва да излезе светлината отнякъде и, с една тънка клечица, изчистихме среброто и остана около милиметър и половина два. Да, но трябва отражател, да съберем светлината, така че взехме една алуминиева тръба и я намазахме отвътре с магнезиев и титанов окис, а кондензаторите намерихме в мазето на факултета. Направихме едно дюарче в работилницата, вътре поставихме кристалчето и в отражателя го сложихме в центъра. Лампите бяха спирални, от стъкло, и много бързо излизаха от строя – след десетина импулса.*



Рубинов лазер. Изработен от н. с. Васил Стефанов от ИЕ при БАН през 1964 г. и пуснат в действие на 01.02. същата година.

На първи февруари 1964 година, сутринта пуснах, охладявам, а парите ги получаваме, като в течния азот пуснем едно съпротивление и лекичко го нагреем и то дава мощен поток, охладих го и включих и оп на стената се появи едно кърваво червено петно. И аз от радост, човешка радост, почнах да подскачам и в това време влиза техникът в стаята, той като ме видя се чудеше



Импулсни лампи за възбуждане на българския рубинов лазер (1961-1963 г.)



Стабилизиран токоизправител, служил за хранване на първите български лазери. Изработен в лаборатория за електронна научна апаратура при ФФ на БАН. Използвана за хранване на първия хелий-натриев и рубинов лазери.



Импулсни лампи за възбуждане на първия български рубинов лазер.

дали съм полудял. После показах на колегите, на Симова, П. Кирчева, акад. Джаков, че лазерът работи. Това се разпространи като светкавица в целия институт.

Това не остава незабелязано и за властта по онова време.

Един ден пристига Добри Джуров, министър на отбраната, да му го демонстрираме. Демонстрирахме му го, а след известно време дойде и Станко Тодоров – министър председателя, и той да види какво е станало. Казвам му, хубаво амане с чаена лъжичка копаем кладенец, нямаме апаратура, всичко го правим сами, измерител, лампи..., та сега ако някой му го каже, ще ти се изсмее, ще ти каже, че си луд, но тогава ентузиазмът беше голям. Отпуснаха ни 20 000 лева, за онова време бяха много, но директорът ги разпредели на всички лаборатории, не само за нас.

Ерата на газовите лазери

В САЩ

След пускането на рубиновия лазер бързо идва времето и на хелий-неоновия. Неговата история е свързана с името на Джаван, който пристига от Иран в САЩ, без да знае английски, но има щастието да работи няколко години с учени като Раби и Таунс.

При оптичното напompване е необходима много ярка светлина. В рубиновия лазер това е светлината на импулсната лампа, получавана за сметка на мощното електрично изпразване в тръбата, напълнена с ксенон. Светлинната енергия, която дава такава лампа, е само малка част от изразходваната електрична енергия. От получената светлина се използва съвсем малка част, която попада в двете сравнително тесни области на поглъщане на рубина. Останалата светлина съвсем безполезно се поглъща от арматурата и преминава в топлина.

Тогава не трябва ли да се използва електричното изпразване в газа за получаване на активно

инверсно състояние, избягвайки по такъв начин междинния стадий на превръщане на електричната енергия в светлинна и свързаните с това загуби? С подобен въпрос тръгва Джаван.

Ако през разреден хелий се пусне електричен ток с високо напрежение, изпразването в него ще загорне с небесносиня светлина, а неонът при същите условия свети яркочервено. По случайност долното от възбудените нива на хелия почти съвпада с единия от слоевете на възбуждане на неона. Именно това обстоятелство решава да използва Джаван. Той затваря в тръбичката известно количество хелий, така че неговото налягане е само с една хилядна част повече от атмосферното налягане, и добавя десет пъти по-малко количество неонов атоми. Като предизвика в тръбичката електрично изпразване, Джаван установява, че яркочервеното светене на неона е много по-силно, отколкото при отсъствието на хелий. Синкавото светене на хелия почти не се забелязва.

Джаван разбира, че по такъв начин може да получи инверсна населеност на енергетичните нива на неона. Това ниво на неона, което се възбужда при сблъскването с възбудения атом на хелия, влиза в групата от четири нива, по-ниско от които една под друга се намират още две групи. При преминаването от възбуденото ниво на което и да е горно ниво от тези групи трябва да се отдели фотон на инфрачервеното излъчване с дължина на вълната около един микрон. При по-нататъшно преминаване на едно от нивата от по-долна група се излъчват фотони с червена светлина.

Джаван поставя в своята тръбичка и две плоски огледала, образувани от повече от десетки редуващи се слоеве на цинков сулфид и магнезиев флуорид. Всички слоеве, взети заедно, също изглеждат прозрачни, като пропускат почти цялата светлина и отразяват почти изцяло само вълната с дължина 1,15 микрона.

Човешкото око не вижда инфрачервеното излъчване, но за вълновите части от този диапазон съществуват електронно-оптични преобразуватели, които превръщат инфрачервеното излъчване във видимо. Като поставя такъв преобразувател на оста на своя уред, Джаван вижда как неговият екран се осветява. Това значи, че от уреда е излиза инфрачервено излъчване и като увеличава постепенно тока, минаващ през уреда, Джаван наблюдава засилване на светенето, а след това изведнъж на екрана ярко засиява неоглямо кръгло петно, а останалата част от екрана е съвсем тъмна. Така за първи път заработва газовият лазер.

За разлика от рубиновия газовият лазер работи непрекъснато, докато е включен

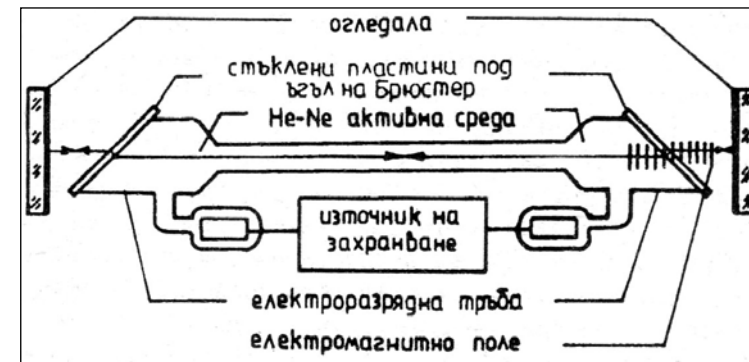
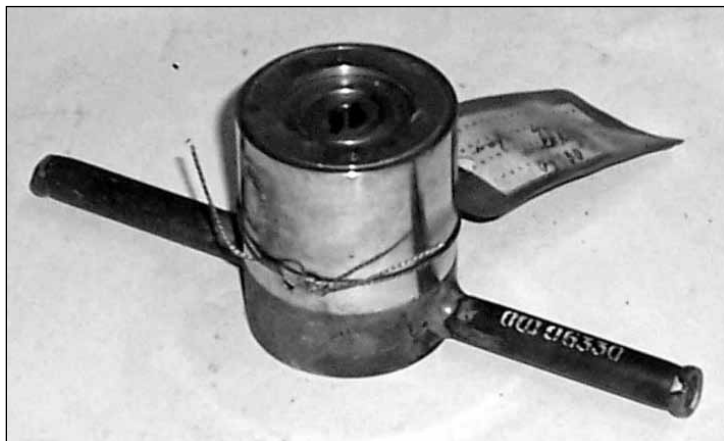


Схема на He-Ne лазер

захранващият го източник на електроенергия. А по-голямата еднородност на газа в сравнение и с най-хубавите кристали на рубина гарантира съществено преимущество на хелий-неоновия лазер пред рубиновия.

В България

В България с хелий-неонов лазер се заема отново В. Стефанов, който събира необходимите части, както и с помощта на стъклодувите, които изработват и останалите приспособления. *Ние тука в нашата работилница изработихме стъклени подложки, дадохме ги на акад. Джаков, който ходеше често в Московския университет в катедрата по нелинейна оптика с ръководител Р. В. Хохлов. Той ги занесе там,*



Високовакуумен прогреваем кран за He-Ne лазер. Създаден във връзка с изработването на български хелий-неонов лазер от ст.н.с. В. Стефанов



Лазерен визир на теодолитна стойка с колона. В държателя е закрепен хелий-неонов лазер с вътрешни огледала. 1971 г. България

направиха ни огледала на добра воля, и ни ги върнаха. Монтирам, но няма генерация и няма. Най-трудното нещо ми се оказаха настройките, понеже трябваше през едно съвсем тясно около метър и 20-30 тръба да направя нагласяването. Слагах едно кръстче, осветявах го и отсреща трябваше през дупката и през отвора на тръбата да го видя обратно. Но, не ще. Един, два, три месеца, не ще. Отидох в Москва на командировка, питах и ми казаха, че трябва да се получи луничка. Действително като го настройвах в единия край се показва по-светло полукръгче и постепенно расте и като запълни тръбата почва да генерира.

Върнах се в София и на 22 юни 1965 година, като се появи луничка, изведнъж ми олекна. По-

лека полека го настроих и светна и точно както го описват по книгите. Като го завъртя малко да го настроя – едномодов, дву, четири, осем модов. Пак повиках колегите и изведнъж пак целия институт заговори.

Бележки

1. За да се установи дали това е мит или действителност, правени са много опити с огледала, като се е повтаряла схемата, при която Архимед бил подпалил вражеските кораби. Например през 1747 г. френският естественик Жорж Бюфон направил серия от опити с различен брой огледала, като постепенно техният брой достигнал 168 с полезна площ 5,85 квадратни метра. Според спомените на този изследовател: „На 10 април следобед при достатъчно ярко слънце под-палихме борова насмолена дъска на отдалечение 150 фута само с помощта на 128 огледала: пламването стана свършено внезапно, при това по цялата площ на дъската.“

През 1973 г. гръцкият инженер Йоанис Сакас подредил на брега на морето недалеч от Атина 60 войници с огледала, които имали размери 91 на 50 сантиметра, като за мишена служела лодка, натоварена със смола и отдалече на около 50 метра от брега. Когато неговите помощници успели да насочат лъчите на повечето огледала към лодката, тя задимяла и пламнала.

Продължение в следващия брой

Присъединете се към групата на списанието във facebook –
<http://bg-bg.facebook.com/people/Списание-Светът-на-Физиката/100000755959723>
 за да научавате веднага новините, свързани с физиката

ПТИЦИ И ЖАБИ

Фрийман Дж. Дайсън



Някои математици са птици, други са жаби. Птиците летят високо във въздуха и оглеждат широките простори на математиката, чак до далечния хоризонт. Те се наслаждават на понятията, които обединяват нашето мислене и сближават разнообразни проблеми от далечни части на пейзажа. Жабите живеят долу в калта и виждат само цветята, които растат наблизо. Те се наслаждават на детайлите на различните предмети и разрешават проблемите един по един. Аз се оказах жаба, но много от моите най-добри приятели са птици. Основната тема на моята лекция тази вечер е тази. Математиката се нуждае както от птици, така и от жаби. Математиката е богата и прекрасна, защото птиците ѝ дават необятните простори, а жабите ѝ дават заплетените подробности. Математиката е както велико изкуство така и важна наука, защото тя обединява общността на концепциите с дълбочината на структурите. Глупаво е да се твърди, че птиците са по-добри от жабите, защото виждат по-далеч, или че жабите са по-добри от птиците, защото те виждат по-надълбоко. Светът на математиката е както широк, така и дълбок и ние се нуждаем от това, птиците и жабите да работят заедно, за да го изучават.

Тази лекция е посветена на Айнщайн и аз съм благодарен на Американското Математическо Общество за поканата да говоря в чест на Албърт Айнщайн. Айнщайн не беше математик а физик, който имаше смесени чувства към математиката. От една страна той имаше огромно уважение към способностите на математиката да описва особеностите на природата и притежаваше инстинкт за математическа красота, който го водеше по правилния път към откриване на законите на природата. От друга страна той нямаше интерес към чистата математика и не притежаваше техническите качества на един математик. В по-късните си години той наемаше по-млади колеги под формата на асистиенти, за да извършват математическите изчисления вместо него. Начинът му на мислене беше физичен а не математически. Той беше пръв между физиците, като птица, която вижда по-далеч от другите. Но аз няма да говоря за Айнщайн, защото нямам какво ново да кажа.

Франсис Бейкън и Рене Декарт

В началото на седемнайсетото столетие двама велики философи, Франсис Бейкън в Англия и Рене Декарт във Франция, провъзгласиха раждането на модерната наука. Декарт беше птица, а Бейкън беше жаба. Всеки от тях описа своите възгледи за бъ-

дещето. Тези възгледи бяха много различни. Бейкън каза: „Най-важното е да държим очите си здраво насочени към фактите на природата.” Декарт каза: „Аз мисля, значи съществувам.” Според Бейкън, учените би трябвало да пътуват по света и да събират факти, докато събраните факти са достатъчни, за да разкрият как работи природата. Така учените ще изведат от фактите законите, на които се подчинява природата. Според Декарт, учените трябва да си стоят у дома и да извеждат законите на природата чисто мисловно. За да извеждат законите правилно, учените ще се нуждаят само от законите на логиката и знанието си за съществуването на Бога. В продължение на четиристотин години, откакто Бейкън и Декарт посочиха пътя, науката се е движила напред, следвайки и двата пътя едновременно. Нито емпиризмът на Бейкън, нито догматизмът на Декарт са притежавали силата да разкриват тайните на природата самостоятелно, но двата подхода заедно са били изумително успешни. В продължение на четиристотин години английските учени са се стремили да следват Бейкън, а френските учени Декарт. Фарадей и Дарвин, и Ръдърфорд бяха Бейкънисти; Паскал и Лаплас, и Поанкаре бяха Картезианци. Науката беше неимоверно обогатена от взаимното допълване на двете противоположни култури. И двете култури бяха непрестанно в действие в двете държави. Нютън беше по сърце Картезианец, използващ чистата мисъл, както предвиждаше Декарт, но я използваше, за да руши Картезианската догма за водовъртежите. Мария Кюри беше по сърце Бейкънистка, изваряваща тонове груба уранова руда, за да унищожи догмата за неразрушимостта на атомите.

В историята на математиката на 20-ти век има две решаващи събития: едното принадлежащо на Бейкънистката традиция, а другото – на Картезианската традиция. Първото беше Международния конгрес по математика в Париж през 1900 г., на който Хилберт направи своето историческо обръщение, набелязвайки хода на развитието на математиката в настъпващото столетие, излагайки своя прочут списък от двайсет и три основни неразрешени проблеми. Самият Хилберт беше птица, летяща високо над цялата територия на математиката, но той постави своите задачи пред жабите, които щяха да ги решават една по една. Второто решаващо събитие беше възникването на групата на математичните птици Бурбаки във Франция през 1930те години, посветена на публикуването на серия от учебници, чиято цел беше да установят единна система и схема за цялата математика. Хилбертовите задачи бяха невероятно плодотворни за правилното насочване на мате-



Франсис Бейкън



Рене Декарт

математическите изследвания. Някои от тях бяха решени, а други остават неразрешени, но почти всички стимулираха израстването на нови идеи и нови области от математиката. Проектът Бурбаки се оказва също толкова важен. Той промени стила на математиката за следващите петдесет години, налагайки логична последователност, която не съществуваше преди това и премествайки центъра на тежестта от конкретните примери към абстрактните обобщения. Според схемата от понятия на Бурбаки математиката е онази абстрактна структура, която е включена в учебниците на Бурбаки. Това което не е в учебниците, не е математика. Конкретните примери, доколкото те не фигурират в учебниците, не са математика. Програмата Бурбаки беше екстремалния израз на Картезианския стил. Тя стесни обхвата на математиката като изключи от нея прекрасните цветя, които Бейкънистките пътешественици биха могли да наберат край пътя.

Шеги на природата

За мен като Бейкънист, основното нещо, което липсва в програмата на Бурбаки, е елементът на изненадата. Програмата на Бурбаки се опита да направи математиката логична. Когато се вглеждам в историята на математиката, аз виждам последователност от нелогични скокове, невероятни съвпадения, шеги на природата. Една от най-фундаменталните шеги на природата е квадратният корен от минус едно, който физикът Ервин Шрьодингер постави в своето вълново уравнение, когато откри вълновата механика през 1926г. Шрьодингер беше птица, която се захвана с идеята за обединяване на механиката с оптиката. Сто години по-рано Хамилтън беше обединил класическата механика с геометричната оптика, използвайки една и съща математика за описване на оптичните лъчи и траекториите на класическите частици. Идеята на Шрьодингер беше да разпростре това обединение към вълновата оптика и вълновата механика. Вълновата оптика вече съществуваше, а вълновата механика – не. Шрьодингер трябваше да изобрети вълновата механика, за да проведе това обединение. Започвайки от модела на вълновата оптика, той написа едно диференциално уравнение за механичната частица, но уравнението беше безсмислено. Неговото уравнение приличаше на уравнението за пренос на топлина в непрекъснатата среда. Преносът на топлина няма видима връзка с механиката на частиците. Идеята на Шрьодингер изглеждаше безплодна. Но именно тогава дойде изненадата. Шрьодингер постави квадратния корен на минус едно в уравнението и то изведнъж доби смисъл. Внезапно от уравнение за пренос на топлина то се превърна във вълново уравнение. И Шрьодингер беше щастлив да открие, че уравнението има решения, съответстващи на квантуваните орбити в модела на атома на Бор.

Оказва се, че уравнението на Шрьодингер описва правилно всичко, което знаем за поведението на атомите. То е основа на цялата химия и на по-голямата част от физиката. А този квадратен корен от минус едно означава, че природата работи с комплексни, а не с реални числа. Това откритие дойде като пълна изненада за Шрьодингер, както и за всеки друг. Според Шрьодингер, неговата четиринайсетгодишна приятелка Ита Юнгер му каза по това време, „Хей, ти въобще не си помисли в началото какво разумно

нещо може да излезе от това.” През цялото деветнайсетостолетие, математиците от Абел до Риман и Вайерштрас създаваха величествената теория на функциите от комплексна променлива. Те бяха открили, че теорията на функциите става по-дълбока и по-мощна, когато се пренесе от реалните към комплексните числа. Но те винаги смятаха комплексните числа за една изкуствена конструкция, изобретена от математиците като полезна и елегантна абстракция на реалния живот. Никога не им беше дошло на ум, че тази изкуствена система от числа, която те бяха изобретили, беше всъщност теренът върху който се движеха атомите. Никога не бяха допусkali, че природата е стигнала там преди тях.

Друга шега на природата е точната линейност на квантовата механика, фактът, че възможните състояния на всеки физичен обект образуват линейно пространство. Преди да бъде открита квантовата механика, класическата физика беше винаги нелинейна и линейните модели бяха само приблизително валидни. След квантовата механика, самата природа внезапно стана линейна. Това имаше дълбоки последствия за математиката. През деветнайсетостолетие Софус Ли разви своята красива теория на непрекъснатите групи, предназначена да изясни поведението на класическите динамични системи. Обаче групите на Ли се оказаха по това време безинтересни както за математиците така и за физиците. Нелинейната теория на групите на Ли беше прекалено сложна за математиците и твърде неясна за физиците. Ли умря разочарован. И тогава, петдесет години по-късно се оказа, че природата е напълно линейна и теорията на линейните представяния на алгебрите на Ли се оказа естественият език на физиката на частиците. Групите на Ли и алгебрите на Ли бяха възродени като една от централните теми на математиката на двадесетия век.

Трета шега на природата е съществуването на квази-кристалите. През деветнайсетостолетие изучаването на кристалите доведе до пълното номериране на възможните дискретни групи на симетрия в Евклидовото пространство. Бяха доказани теореми, установяващи факта, че в тримерното пространство дискретните групи на симетрия могат да съдържат само ротации от трети, четвърти или шести порядък. Тогава през 1984г. бяха открити квази-кристалите, реални твърди обекти, израствани от течни метални сплави, притежаващи симетрията на икосаедричната група, която включва ротации от пети порядък. Междувременно математикът Роджър Пенроуз откри облицовката на Пенроуз на равнината. Това е подредба на паралелограми, които покриват равнината в пентагонален далечен порядък. Сплавните квази-кристали са тримерни аналози на двумерните облицовки на Пенроуз. След тези открития, математиците се наложи да разширят теорията на кристалографските групи, за да включат квази-кристалите. Това е първостепенна изследователска програма, която е все още в действие.

Четвъртата шега на природата е подобие в поведението на квази-кристалите и на нулите на Римановата зета функция. Нулите на зета-функцията са интересни за математиците, защото се оказва че лежат на права линия и никой не може да разбере защо. Твърдението, че с някои тривиални изключения те всички лежат на права линия, представлява прочутата Риманова хипотеза. Да докажат Римановата хипотеза беше

мечтата на младите математици в продължение на повече от сто години. Сега аз правя скандалното предположение, че бихме могли да използваме квази-кристалите, за да докажем Римановата хипотеза. Тези от вас които са математици, може би ще сметнат това предположение за несериозно. Тези, които не са математици, навярно ще го сметнат за безинтересно. Въпреки това аз го предлагам сериозно на вашето внимание. Когато физикът Лео Сцилард беше млад, той изпита неудовлетворение от десетте заповеди на Мойсей и написа нови десет заповеди, с които да ги замести. Втората заповед на Сцилард гласи: „Нека вашите дела бъдат насочени към достойна цел, но не питайте дали те могат да я достигнат: те трябва да бъдат модели и примери, а не средства за достигане на крайната цел.” Сцилард практикуваше това, което проповядваше. Той беше първият физик, който си представи ядрените оръжия и първият, който активно се бореше срещу тяхното използване. Неговата втора заповед със сигурност е подходяща тук. Доказателството на Римановата хипотеза е една достойна цел и не е наша работа да питаме дали можем да я достигнем. Ще ви изложя някои съображения описващи как тя би могла да бъде постигната. Тук ще дам думата на математика, какъвто бях в продължение на петдесет години, преди да стана физик. Ще говоря първо за Римановата хипотеза а после за квази-кристалите.

До неотдавна имаше два върховни нерешени проблема в света на чистата математика: доказателството на последната теорема на Ферма и доказателството на хипотезата на Риман. Преди дванайсет години моят колега от Принстън Андрю Уайлс приключи с последната теорема на Ферма и сега остава само Римановата хипотеза. Уайлсовото доказателство на теоремата на Ферма не беше само виртуозно техническо упражнение. То изискваше откриването и изследването на нова област от математически идеи, далеч по-широки и всеобхватни от самата теорема на Ферма. Много вероятно е, че едно доказателство на Римановата хипотеза също ще доведе до по-дълбоко разбиране на много различни области от математиката, а може би също и от физиката. Римановата зета-функция, а и други подобни на нея зета-функции изглеждат изобилстват в теорията на числата, в теорията на динамичните системи, в геометрията, в теорията на функциите и във физиката. Зета-функцията се намира на такова място, откъдето пътищата водят в много посоки. Едно доказателство на хипотезата ще осветли всички тези връзки. Както всеки сериозен студент по чиста математика, когато бях млад аз мечтаех да докажа Римановата хипотеза. Имах някои неясни идеи за които мислех, че може би ще доведат до доказателство. В последните години, след откриването на квази-кристалите, моите идеи станаха малко по-ясни. Предлагам ги тук на вниманието на някой млад математик, който има амбицията да спечели медала на Фийлдс.

Квази-кристалите могат да съществуват в пространства с едно, две и три измерения. От гледна точка на физиката, триамерните квази-кристали са най-интересни, защото те населяват нашия тримерен свят и могат да бъдат изучавани експериментално. От гледна точка на един математик, едномерните квази-кристали са много по-интересни от двумерните и тримерните квази-кристали, защото те съществуват в много повече разновидности. Математическата дефиниция на квази-кристала е следната.

Квази-кристалът е разпределение на дискретни точкови маси, чиято Фурие трансформация е разпределение на дискретни точкови честоти. Или казано по-накратко, квази-кристалът е чисто точково разпределение, което има чисто точков спектър. Тази дефиниция включва като частен случай обикновените кристали, които са периодични разпределения с периодични спектри.

Изключвайки обикновените кристали, квази-кристалите в три размерности се появяват в много ограничени разновидности, като всяка от тях е свързана с икосаедричната група. Двумерните квази-кристали са по-многобройни и общо взето всеки определен тип е свързан с един регулярен полигон в равнината. Двумерният квази-кристал с пентагонална симетрия е прочутата облицовка на равнината на Пенроуз. Накрая, едномерните квазикристали имат много по-богата структура, защото те не са обвързани с никакви ротационни симетрии. Доколкото зная, не съществува пълен списък на едно-размерните квази-кристали. Известно е, че съществува уникален квази-кристал, съответстващ на всяко число на Pisot-Vijayaraghavan или PV число. Всяко PV число е реално алгебрично цяло число, корен на полиномиално уравнение с цели коефициенти, такова, че всички други корени имат абсолютни стойности по-малки от едно [1]. Множеството на всички PV числа е безкрайно и има забележителна топологична структура. Множеството на всички едномерни квази-кристали има структура, поне толкова богата, колкото множеството на всички PV числа и вероятно дори много по-богата. Ние не знаем със сигурност, но е вероятно, че една огромна вселена от едномерни квази-кристали, които не са свързани с PV числа, очаква да бъде открита.

Тук се появява връзката на едномерните квази-кристали с Римановата хипотеза. Ако Римановата хипотеза е вярна, тогава нулите на зета-функцията образуват един едномерен квази-кристал, според дефиницията. Те образуват разпределение на точкови маси върху права линия, и тяхната Фурие трансформация е също разпределение на точкови маси, една на всеки от логаритмите на обикновените прости числа и на степените на простите числа. Моят приятел Андрю Одлижко е публикувал прекрасно компютърно пресмятане на Фурие трансформацията на нулите на зета-функцията [6]. Пресмятането показва точно очакваната структура на Фурие трансформацията, с остро прекъсване на всеки логаритъм на просто число или на степен на просто число и никъде другаде.

Моето предложение е следното. Нека се престорим, че не знаем, че Римановата хипотеза е вярна. Нека се захванем с проблема от другата страна. Нека се опитаме да направим пълен списък и класификация на едномерните квази-кристали. Това значи да изброим и класифицираме всички точкови разпределения, които имат дискретен точков спектър. Събирането и класифицирането на новите разновидности на обектите е по същността си Бейкънистка дейност. Това е работа подходяща за математически жаби. Така ние ще намерим добре познатите квази-кристали, свързани с PV числата, а също така една цяла вселена от квази-кристали, познати и непознати. Измежду множеството от други квази-кристали ние търсим един, съответстващ на Римановата

зета-функция и един, съответстващ на всяка от другите зета-функции които приличат на Римановата зета функция. Нека предположим, че в нашия списък намерим един квази-кристал със такива свойства, които го идентифицират с нулите на Римановата зета-функция. Тогава ние ще сме доказали Римановата хипотеза и можем да очакваме телефонното обаждане, което ще ни съобщи за присъждането на медала на Фийлдс.

Това, разбира се, са празни мечти. Проблемът за класифицирането на едноразмерните квази-кристали е потресаващо труден, вероятно поне толкова труден, колкото проблема, който Андрю Уайлс се зае да изследва преди седем години. Но ако възприемем Бейкънстката гледна точка, историята на математиката е история на ужасяващо трудни проблеми, разрешени от млади хора, достатъчно неосведомени за да не знаят, че те са били непреодолими. Класификацията на квази-кристалите е една достойна цел, която дори може да се окаже достижима. Проблемите с тази степен на трудност няма да бъдат решени от стари хора като мен. Аз оставям този проблем за упражнение на някоя от младите жаби от публиката.

Абрам Бесикович и Херман Вайл

Нека сега ви запозная с някои прочути жаби и птици, които познавах лично. Дойдох в Кеймбриджския Университет като студент през 1941 г. и имах изключителния късмет да попадна при руския математик Абрам Самойлович Бесикович като мой ръководител. Тъй като това ставаше в разгара на Втората световна война, в Кеймбридж имаше много малко студенти и почти никакви старши студенти. Въпреки че бях само на седемнайсет години, а Бесикович беше вече прочут професор, той ми отделяше голяма част от своето време и внимание и ние станахме приятели за цял живот. Той изгради стила, по който аз започнах да работя и да мисля за математиката. Той изнасяше прекрасни лекции по теория на мерките и интегрирането, усмихвайки се любезно когато ние се смеехме на неговите груби прегрешения към английския език. Спомням си само един случай, когато той беше раздразнен от нашия смях. Той замълча и после



Абрам Бесикович

каза, „Господа, петдесет милиона англичани говорят английския, който говорите вие. А сто и петдесет милиона руснаци говорят английския, който говоря аз.“ Бесикович беше жаба и той стана известен в младостта си, понеже реши една задача в елементарната равнинна геометрия, известна като задачата на Какея. Задачата на Какея беше следната. Отсечка с дължина единица може да се движи свободно в една равнина, докато се завърта на ъгъл 360 градуса. Каква е най-малката възможна площ, която тя ще покрие по време на своето въртене? Задачата беше поставена от японския математик Какея през 1917 г. и остана един от прочутите нерешени проблеми в продължение на десет години. Джордж Биркхоф, водещият американски математик по това време, обяви публично, че задачата

на Какея и задачата за четирите цвята са най-важните нерешени проблеми на съвременността. Обикновено се смяташе, че най-малката площ е $\pi/8$, което е площта на един тривърхов хипоциклоид. Тривърховият хипоциклоид е една прекрасна тривърхова крива. Това е кривата, описана от една точка от периферията на окръжност с радиус една четвърт, когато кръгът се търкаля от вътрешната страна на фиксирана окръжност с радиус три четвърти. Отсечката с дължина единица може да се върти като през цялото време остава тангенциална към хипоциклоида и с двата си края също лежи върху хипоциклоида. Тази картина на въртящата се отсечка която постоянно докосва вътрешността на хипоциклоида в три точки беше толкова елегантна, че повечето хора вярваха, че тя трябва да даде минималната площ. Бесикович изненада всички като доказа, че площта покрита от въртящата се отсечка може да бъде по-малка от ϵ , за произволно положително ϵ .



Херман Вайл

Всъщност Бесикович беше решил задачата още през 1920 г., преди тя да стане прочута и без дори да знае, че Какея я е предложил. През 1920 г. той публикувал решението на руски в *Журнал Пермского физического и математического общества*, списание което не се разпространява нашироко. Университетът на Перм, град на около 1100 км източно от Москва, е бил за кратко време убежище на много прочути математици след Руската революция. Те публикували два тома от тяхното списание преди то да отмре в хаоса на революцията и гражданската война. Извън Русия списанието било не само неизвестно но и напълно недостъпно. Бесикович напуснал Русия през 1925 г. и пристигнал в Копенхаген, където научил за прочутата задача на Какея, която бил решил още преди пет години. Той публикувал решението отново, този път на английски, в *Mathematische Zeitschrift*. Задачата на Какея, така както била поставена от него, била типична жабешка задача, без особена връзка с останалата част от математиката. Бесикович й даде едно елегантно и задълбочено решение, което разкри връзката й с общи теореми за структурата на групи точки в равнината.

Най-хубавото от стила на Бесикович се вижда в трите му класически статии със заглавие: „Върху фундаменталните геометрични свойства на линейно измерими равнинни групи от точки“, публикувана в *Mathematische Annalen* в годините 1928, 1938 и 1939. В тези статии той доказва, че всяка линейно измерима група в равнината се разделя на регулярна и нерегулярна компонента така, че регулярната компонента има тангента почти навсякъде, а нерегулярната компонента има проекция на мярката нула в почти всички направления. Грубо казано, регулярната компонента изглежда като колекция от непрекъснати криви, докато нерегулярната компонента въобще не изглежда като непрекъсната крива. Съществуването и свойствата на нерегулярната компонента са свързани с решението на Бесикович на задачата на Какея. Една от задачите които той ми постави да работя, беше разделянето на измерими съвкупности на регулярни

и нерегулярни компоненти в пространства от по-високи размерности. Не стигнах доникъде със задачата, но останах завинаги белязан от стила на Бесикович. Стилът на Бесикович беше архитектурен. Той строи от прости елементи една деликатна и сложна архитектурна конструкция, обикновено по йерархичен план, и тогава, след като зданието е завършено, сложната структура води с помощта на прости аргументи до неочаквано заключение. Всяко доказателство на Бесикович е произведение на изкуството, така старателно конструирано, както е една fuga на Бах.

Няколко години след моето чиракуване при Бесикович, аз се озовах в Принстън и се запознах с Херман Вайл. Вайл беше типична птица, точно както Бесикович беше типична жаба. Имах щастието да се заваря с Вайл за една година в Принстънския Институт за Съвременни Изследвания, преди той да се оттегли от института и да се установи в своя стар дом в Цюрих. Той ме хареса, защото през тази една година аз публикувах статии по теория на числата в *Annals of Mathematics* и статии по квантова теория на лъчението в *Physical Review*. Той беше един от малкото живи учени, които са чувстваха комфортно и в двете области. Той ме приветства в института, защото се надяваше, че и аз ще се окажа птица като него. Но беше разочарован. Аз упорито си оставах жаба. Макар че се ровех в много кални дупки наоколо, аз винаги се вглеждах в тях една по една а не търсех връзки между тях. За мен теорията на числата и квантовата теория бяха отделни светове и отделни красоти. Аз не се вглеждах в тях така както правеше Вайл, надявайки се да открие следи от великия замисъл.

Огромният принос на Вайл към квантовата теория на лъчението беше неговото откритие на калибровъчните полета. Идеята за калибравъчните полета имаше любопитна история. Вайл ги откри през 1918г. като класически полета съдържащи се в неговата обединена теория на общата теория на относителността и на електромагнетизма, [7]. Той ги нарече „калибровъчни полета“, защото бяха свързани с неинтегрируемостта на измерванията на дължина. Неговата обединена теория беше бързо и публично отхвърлена от Айнщайн. След тази гръмотевица дошла отвисоко, Вайл не изоставил своята теория, но се заел с други неща. Теорията нямала експериментални следствия, които да могат да се проверят. Тогава през 1929 г., след като квантовата механика вече била открита от други, Вайл разбрал, че неговите калибровъчни полета прилягали много по-добре на квантовия свят, отколкото на класическия свят, [8]. Всичко което трябвало да направи, за да замени класическата калибровка с квантова калибровка било, да смени реалните числа с комплексни числа. В квантовата механика, всеки квант на електрическия заряд носи със себе си една комплексна вълнова функция с фаза и калибровъчното поле се отнася до неинтегрируемостта на измерването на фазата. Тогава калибровъчното поле може напълно да се идентифицира с електромагнитния потенциал, и законът за запазване на заряда става следствие на локалната фазова инвариантност на теорията.

Вайл почина четири години след като се завърна от Принстън в Цюрих и аз написах възпоменателна бележка за него в списанието *Nature*, [3]. „Измежду всички математици, които започнаха своята работа през двайстото столетие“, написах аз, „Херман

Вайл беше този, който направи значителни приноси в най-голям брой различни области. Единствено той би могъл да издържи на едно сравнение с последните велики универсални математици на деветнайстия век, Хилберт и Поанкаре. Докато беше жив, той олицетворяваше живия контакт между основните направления на развитие в чистата математика и в теоретичната физика. Сега, когато вече не е жив, контактът е нарушен и нашите надежди да разберем физичната вселена чрез директно използване на творческото математическо въображение, на този етап са приключени.” Аз скърбях за неговата смърт, но няхах никакво желание да следвам неговата мечта. Бях щастлив да видя как чистата математика и физиката продължаваха да напредват по своя път, но в противоположни направления.

Възпоменателната статия завършваше с едно кратко описание на Вайл като човешко същество: „Характерно за Вайл беше едно естетическо чувство, което беше определящо за неговото мислене по всички въпроси. Веднъж той ми каза полунашега, „В моята работа винаги съм се опитвал да обединявам вярното с прекрасното; но когато трябваше да избира едно от тях, обикновено избирах прекрасното“. Тази забележка идеално характеризира неговата личност. Тя показва неговата дълбока вяра в дълбоката хармония на природата, където законите обезателно би трябвало да се изразяват в красива математическа форма. Тя също показва неговото разбиране за човешките слабости, и неговия хумор, който винаги успяваше да го предпази от помпозност. Неговите приятели в Принстън ще го запомнят такъв, какъвто беше когато за последен път го видях на пролетните танци в Института за Съвременни Изследвания, миналия април: един едър весел човек, който се забавляваше чудесно, и чиято весела фигура и лека стъпка не издаваха с нищо неговите шейсет и девет години.”

Петдесетте години след неговата смърт бяха златна ера за експерименталната физика и наблюдателната астрономия, златна ера за Бейкънистките пътешественици, събиращи факти, за жабите, изучаващи малки парчета от блатото в което живеем. През тези петдесет години жабите натрупаха подробни знания за голямо разнообразие от космически структури и за голям брой частици и взаимодействия. Докато продължаваше изследването на нови територии, вселената ставаше все по-сложна. Вместо великия замисъл, разкриващ красотата и простотата на Вайловата математика, учените откриваха странни обекти като например кварките и избухванията на гама-лъчи, необикновени понятия като суперсиметрии и многобройни вселени. Междувременно математиката също се усложняваше, когато изследванията се насочиха към явления като хаоса и много нови области, възникнали покрай електронните компютри. Математиките разкриха централната мистерия на изчислимостта, предположението съдържащо се в твърдението, че P не е равно на NP. Предположението показва, че съществуват математически проблеми, които могат лесно да бъдат решени за конкретни задачи, но не могат да бъдат решавани с помощта на бърз алгоритъм, приложим за всички случаи. Най-прочутият пример за такава задача е проблемът на пътуващия търговец, чиято цел е да се намери най-късия път за търговеца, обикалящ определена група градове, като се знае разстоянието между всеки два града. Всички експерти смятат,

че предположението е вярно и че задачата на пътуващия търговец е пример за задача, при която P не е равно на NP . Но никой няма и най-малката представа как да го докаже. Това е една мистерия, която дори не би могла да бъде формулирана в рамките на математическата вселена на Херман Вайл от деветнайсетото столетие.

Франк Янг и Юрий Манин

Последните петдесет години бяха трудни за птиците. Но дори и в трудни времена има работа за птиците и наистина се появиха птици които имаха смелостта да се заемат с нея. Скоро след като Вайл напусна Принстън, Франк Янг пристигна от Чикаго и се настани в неговата стара къща. Янг зае мястото на Вайл като водеща птица на моето поколение от физици. Докато Вайл беше все още жив, Янг и неговият ученик Роберт Милс откриха теорията на Янг-Милс за не-Абелевите калибровъчни полета, едно брилянтно и елегантно разширение на идеята на Вайл за калибровъчните полета, [11]. Калибровъчното поле на Вайл беше класическа величина, удовлетворяваща комутационния закон на умножението. Теорията на Янг-Милс съдържаше триплет от калибровъчни полета, които не комутираха. Те удовлетворяваха комутационните правила на трите компоненти на квантово-механичния спин, които са генератори на най-простата не-Абелева алгебра на Ли A_2 . Теорията по-късно беше обобщена така че калибровъчните полета можеха да бъдат генератори на всяка крайно-мерна алгебра на Ли. С това обобщение, калибровъчната теория на Янг-Милс предостави модел за всички известни частици и взаимодействия, модел който днес е известен като Стандартния модел на физиката на частиците. Янг положи последния шрих на този модел като показа, че Айнщайновата теория на гравитацията се вмести в същата рамка, като Кристофеловият трииндексен символ приема ролята на калибровъчно поле [10].

В едно допълнение към своята статия от 1918 г., добавено през 1955 г. за изданието на избраните статии, публикувано в чест на неговата седемдесетгодишнина, Вайл изразява така своите окончателни мисли за теориите на калибровъчните полета (мой превод), [12]: „Най-силният аргумент в полза на моята теория изглеждаше този, че калибровъчната инвариантност беше свързана със запазването на електричния заряд по същия начин както координатната инвариантност беше свързана със запазването на енергията и импулса.” Трийсет години по-късно Янг беше в Цюрих за празнуването на стогодишнината от рождението на Вайл. В своята реч, [12], Янг цитира тази забележка като доказателство за приемането от Вайл на идеята за калибровъчната инвариантност като обединяващ принцип на физиката. След това Янг продължи, „В резултат на експерименталните и теоретични постижения, симетрията, групите на Ли и калибровъчната инвариантност сега са признати, че играят съществена роля при определяне на основните свойства на физичната вселена. Аз съм нарекъл това принципа, според който симетрията определя взаимодействието.” Идеята, че симетрията диктува взаимодействието, е обобщение от Янг на забележката на Вайл. Вайл отбеляза, че калибровъчната инвариантност е тясно свързана с физичните закони за запазване. Вайл не можа да отиде по-далеч, защото той познаваше само калибровъчната инвариантност

на комутиращи Абелеви полета. Янг направи тази връзка много по-силна като въведе не-Абелеви калибровъчни полета. С не-Абелевите калибровъчни полета, които пораждат нетривиални алгебри на Ли, възможните форми на взаимодействие между полетата стават уникални, така че симетрията диктува взаимодействието. Тази идея е най-големият принос на Янг към физиката. Това е приносът на една птица, която лети високо над облаците и гората от малки проблеми, в която повечето от нас прекарват целия си живот.

Друга птица, към която храня дълбоко уважение, е руският математик Юрий Манин, който неотдавна публикува една приятна книга с есета със заглавие *Математиката като метафора* [5]. Книгата беше публикувана в Москва на руски и едновременно от Американското математическо общество на английски. Аз написах предговора за американското издание и тук ви давам един кратък цитат от моя предговор. „Математиката като метафора е добър лозунг за птиците. Той означава, че най-дълбоките понятия в математиката са тези, които свързват един свят от идеи с друг. В седемнайсетото столетие Декарт свързва несъизмеримите светове на алгебрата и геометрията чрез своето понятие за координатите, а Нютон свързва световите на геометрията и динамиката чрез своето понятие на флуксионите, понастоящем наречено calculus. В деветнайсетото столетие Бул свързва световите на логиката и алгебрата чрез своето понятие на символичната логика, а Риман свързва световите на геометрията и анализа чрез своето понятие на Римановите повърхности. Координати, флуксиони, символична логика и Риманови повърхности – всичко това са метафори, разширяващи значението на думите от познатите към непознатите контекстове. Манин вижда бъдещето на математиката като изследване на метафори които вече са видими но все още неразбрани. Най-дълбоката такава метафора е сходството в структурата между теорията на числата и физиката. И в двете области той съзира мимолетни привидения на паралелни понятия, при което симетриите свързват непрекъснатото с дискретното. Той предвижда едно обединение и го нарича квантуване на математиката.”

„Манин не се съгласява с Бейкъниската теория, че Хилберт е поставил дневния ред на математиката на двайсетото столетие, като представил своя прочут списък от двайсет и три нерешени задачи пред Международния конгрес по математика в Париж през 1900 г. Според Манин, Хилбертовите задачи били само едно отвличане на вниманието от основните теми на математиката. Манин смята, че важните развития в математиката идват от програмите, а не от задачите. Задачите обикновено се решават



Франк Янг



Юрий Манин

чрез прилагане на стари идеи по нови начини. Изследователските програми са онези развъдници, където се раждат новите идеи. Той разглежда програмата Бурбаки да се пренапише цялата математика на по-абстрактен език, като източник на много от новите идеи на двайсетото столетие. Той вижда програмата на Лангленд, свързваща теорията на числата с геометрията, като обещаващ източник на нови идеи за двайсет и първото. Хората, които решават прочути нерешени задачи, може да спечелят големи награди, но хората, които стартират нови програми, са истинските пионери.”

Руската версия на *Математиката като метафора* съдържа десет глави в повече от английското издание. Американското математическо общество е решило, че тези глави няма да са интересни за англоезичния читател. Тези пропуски са двукратно неудачни. Първо, читателите на английското издание виждат само орязан образ на Манин, който е може би уникален между математиците по широтата на интересите си, простиращи се далеч извън математиката. Второ, ние виждаме орязан образ на руската култура, която е по-малко разграничена от англоезичната култура и осъществява по-близък контакт на математиците с историците, художниците и поетите.

Джон фон Нойман

Друга важна фигура на математиката на двайсетото столетие беше Джон фон Нойман. Фон Нойман беше жаба, която прилагаше своите изумителни технически умения, за да решава задачи в много области от математиката и физиката. Той започна с основите на математиката. Той намери първия удовлетворителен комплект аксиоми за теорията на множествата, избягвайки логическите парадокси с които се беше сблъскал Кантор в своите усилия да се справи с безкрайните множества и безкрайните числа. Аксиомите на Фон Нойман бяха използвани от неговия приятел Курт Гьодел няколко години по-късно, за да докаже съществуването на неразрешими твърдения в математиката. Теоремите на Гьодел дадоха на птиците нов поглед върху математиката. След Гьодел математиката вече не беше монолитна структура, свързана в едно цяло посредством едно уникално понятие за истина, а един архипелаг от структури, всяка със свой набор теореми и свое различно от другите понятие за истина. Гьодел показва, че математиката е неизчерпаема. Независимо кой набор теореми се избира за основа, птиците винаги могат да зададат такива въпроси, на които тези аксиоми да не могат да дадат отговор.

Фон Нойман премина от основите на математиката към основите на квантовата механика. За да снабди квантовата механика със солидна математическа основа, той създаде великолепната теория на пръстените от оператори. Всяка наблюдаема величина се представя от линеен оператор и особеностите на квантовото поведение се представят достоверно от алгебрата на операторите. Точно както Нютон изобрети calculus, за да опише класическата динамика, така Фон Нойман създаде пръстените от оператори, за опише квантовата динамика.

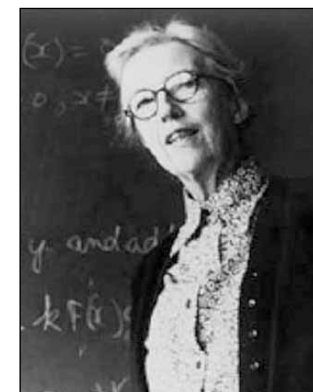
Фон Нойман направи фундаментални приноси в няколко други области, особено в теорията на игрите и при конструирането на цифровите компютри. През последните десет години от своя живот той беше силно завладян от компютрите. Той беше така

силно заинтересуван от компютрите, че реши не само да изучава тяхното устройство, но и да построи един компютър с реален хардуер и софтуер и да го използва в научната си работа. Аз пазя ярки спомени от ранния етап на Фон Ноймановия компютърен проект в Института за съвременни изследвания в Принстън. По това време той имаше интереси в две основни научни области, водородни бомби и метеорология. Той използваше своя компютър през нощта, за да прави изчисления върху водородната бомба, а през деня за метеорология. Повечето хора, които се мотаеха през деня около компютърната сграда, бяха метеоролози. Техен водач беше Жюл Шарне. Шарне беше истински метеоролог, добавящо скромнен когато се занимаваше с неразгадаемите мистерии на атмосферното време и скептичен относно способността на компютъра да разреши тези мистерии. Джон фон Нойман беше по-малко скромнен и по-малко скептичен. Слушах фон Нойман да изнася лекция за целите на своя проект. Той говореше както винаги с голяма увереност. Той каза, „Компютърът ще ни даде възможност да разделяме атмосферата във всеки момент на стабилни области и нестабилни области. Стабилните области ние можем да предскажем. А нестабилните области можем да контролираме.” Фон Нойман вярваше, че всяка нестабилна област може, посредством разумно подбрана малка пертурбация, да бъде тласната във всяка желана посока. Малката пертурбация можеше да бъде осъществена от група самолети снабдени с генератори за пушек, който да погълне слънчева светлина и да повиши или понижи температурите на определени места, където пертурбацията би била най-ефективна. В частност, бихме могли да спрем зараждащия се ураган като определим точката на нестабилност достатъчно рано и после охладим въздуха в тази точка, преди той да започнал да се надига и да образува вихър. Говорейки през 1950г. Фон Нойман каза, че ще отнеме само десет години за да се построят достатъчно мощни компютри, които да могат точно да диагностицират стабилните и нестабилни области на атмосферата. А след като имаме точна диагноза, ще ни отнеме още малко време за да установим контрол. Той очакваше, че практическия контрол на атмосферното време ще стане рутинна операция още през 1960-те години.

Фон Нойман, разбира се, грешеше. Той грешеше, защото не знаеше за хаоса. Сега ние знаем, че когато движението на атмосферата е локално нестабилно, то много често е хаотично. Думата „хаотично” означава, че движенията които се зараждат в близост едно до друго, се раздалечават експоненциално с времето. Когато движението е хаотично, то е непредвидимо и една малка пертурбация не може да го приведе в стабилно



Джон фон Нойман



Мери Карптрайт

движение, което може да бъде предсказано. Една малка пертурбация обикновено го привежда от един в друг вид хаотично движение което е също толкова непредвидимо. Така че Фон Ноймановата стратегия за контролиране на времето пропадна. В края на краищата той беше велик математик но посредствен метеоролог.

Едвард Лоренц откри през 1963 г., че решенията на уравненията на метеорологията са често хаотични. Това стана шест години след като Фон Нойман почина. Лоренц беше метеоролог и обикновено се приема за откривател на хаоса. Той откри явленията на хаоса в метеорологичен контекст и им даде техните съвременни имена. Но в действителност аз бях чул математичката Мери Картрайт, която почина през 1998 г. на 97 години, да описва същите явления в своя лекция, изнесена в Кеймбридж през 1943г., двайсет години преди Лоренц да ги открие. Тя наричаше явленията с различни имена, но това бяха същите явления. Тя ги откри в решенията на уравнението на Ван дер Пол, които описват осцилациите на един нелинеен усилвател, [2]. Уравнението на Ван дер Пол беше важно през Втората световна война, защото нелинейните усилватели служеха за хранване на преподавателите в първите радарни системи. Понякога преподавателите имаха случайно и непредвидимо поведение и Управлението на въздушните войски обвиняваше производителите, че произвеждат дефектни усилватели. Мери Картрайт беше натоварена да се занимае с проблема. Тя показва, че производителите не бяха виновни. Тя показва, че е виновно уравнението на Ван дер Пол. Решенията на уравнението на Ван дер Пол имат точно такова хаотично поведение, от което се оплакваше Управлението на въздушните войски. Аз чух всичко за хаоса от Мери Картрайт седем години преди да чуя Фон Нойман да говори за контролиране на времето, но не бях достатъчно съобразителен за да направя връзката. Не ми беше хрумвало, че случайното поведение на уравнението на Ван дер Пол може да има нещо общо с метеорологията. Ако бях птица вместо жаба, вероятно щях да видя връзката и така щях да спестя на Фон Нойман много неприятности. Ако той знаеше за хаоса през 1950 г., щеше вероятно дълбоко да се замисли по този въпрос и през 1954 г. щеше да има какво да каже по него.

Фон Нойман изпадна в затруднение в края на живота си, защото той в действителност беше жаба, а всички очакваха от него да лети като птица. През 1954 г. се проведе Международен конгрес по математика в Амстердам. Тези конгреси стават само веднъж на четири години и е голяма чест да бъдеш поканен да говориш на откриването. Организаторите на конгреса в Амстердам поканиха Фон Нойман да произнесе програмната реч, очаквайки от него да направи нещо подобно на това, което Хилберт беше направил през 1900г. в Париж. Точно както Хилберт беше съставил един списък с нерешени задачи които щяха да насочват хода на математиката през първата половина на двайсети век, Фон Нойман беше призван да направи същото за втората половина на столетието. Заглавието на речта на Фон Нойман беше обявено в програмата на конгреса. То беше „Нерешени задачи в математиката: Лекция по покана на Организационния комитет.” След края на конгреса, бяха публикувани пълните материали с текста на всички лекции с изключение на тази. В материалите има празна страница

с името на Фон Нойман и заглавието на неговата лекция. Под него е написано, „Не разполагаме с ръкописа на тази лекция.”

Какво се беше случило? Аз знам какво се случи, защото бях там сред публиката, в 3:30 ч. в четвъртък, на 2 септември 1954 г. в концертната зала Concertgebouw. Залата беше препълнена с математици, всичките очакващи да чуят една брилянтна лекция, достойна за такъв исторически момент. Лекцията се превърна в едно огромно разочарование. Фон Нойман вероятно се беше съгласил преди няколко години да изнесе лекция за нерешените задачи а после беше забравил за това. Бидейки зает с много други неща, той беше пренебрегнал подготовката на лекцията си. И така като се сети в последния момент, че трябва да пътува до Амстердам и да каже нещо за математиката, той извади от чекмеджето една стара лекция от 1930 г. и я изтупа от прахта. Лекцията беше за пръстени от оператори, един предмет който беше нов и модерен през 1930-те години. И нито дума за нерешените задачи. Нищо за бъдещето. Нищо за компютрите, които както знаехме бяха най-скъпото за сърцето на Фон Нойман. Той можеше поне да каже нещо ново и вълнуващо за компютрите. Публиката в концертната зала се изнерви. Някой каза с достатъчно висок глас за да бъде чул из цялата зала, „Aufgewaermte suppe” което на германски значеше “претоплена супа”. През 1954 г. голямото мнозинство слушатели знаеха достатъчно германски, за да разберат шегата. Фон Нойман, силно притеснен, приключи набързо лекцията и напусна залата, без да чака въпроси.

Слаб хаос

Ако фон Нойман беше знаел за хаоса, когато говори в Амстердам, една от нерешените задачи, които би могъл да обсъди, беше слабият хаос. Задачата за слабия хаос е все още нерешена петдесет години по-късно. Целта е да се разбере защо хаотичните движения често остават ограничени и не предизвикват стихийни нестабилности. Добър пример за слаб хаос е орбиталното движение на планетите и спътниците в слънчевата система. Едва неотдавна беше открито, че тези движения са хаотични. Това беше изненадващо откритие, преобръщащо традиционната картина на слънчевата система като първостепенен пример за подредено стабилно движение. Преди двеста години математикът Лаплас мислеше, че е доказал, че Слънчевата система е стабилна. Сега се оказва, че Лаплас не е бил прав. Точните числени интегрирания на орбитите ясно показват, че съседните орбити дивергират експоненциално. Изглежда че хаосът е почти пълен в света на класическата динамика.

Хаотично поведение никога досега не беше допускано за слънчевата система, преди да бъдат проведени точни и дългосрочни интегрирания, защото хаосът е слаб. Слаб хаос означава, че съседните траектории дивергират експоненциално, но никога не се отклоняват твърде далеч. Разходимостта започва с експоненциален растеж, но после остава ограничена. Поради това че хаосът на планетарните движения е слаб, слънчевата система е могла да преживее цели четири милиарда години. Въпреки че движенията са хаотични, планетите никога не се отклоняват далеч от своите обичайни места и системата като цяло не се разпада на отделните си части. Въпреки преоблада-

ването на хаоса, Лапласовия възглед за слънчевата система като перфектен часовников механизъм не е далеч от истината.

Виждаме същите прояви на слабия хаос и в областта на метеорологията. Въпреки че атмосферното време в Ню Джърси е болезнено хаотично, хаосът си има твърди граници. Летата и зимите са непредвидимо меки или сурови, но ние можем с увереност да предскажем, че температурата няма да се повиши до 45 градуса Целзий или да спадне до минус 30, крайности, които често са надминавани например в Индия или в Минесота. Няма такъв закон за запазване във физиката, който да забранява температурите да се покачват в Ню Джърси толкова колкото в Индия или да спадат толкова колкото в Минесота. Слабостта на хаоса е била съществена за дългосрочното запазване на живота на тази планета. Слабият хаос ни предоставя стимулиращо разнообразие на атмосферното време, като същевременно ни предпазва от прекалено мощни флуктуации, които биха застрашили нашето съществуване. Хаосът остава милостиво слаб поради причини, които ние не разбираме. Това е една друга нерешена задача за младите жаби от публиката, която те могат да си занесат у дома. Аз ви предизвиквам да разберете причините, поради които хаосът, наблюдаван в огромно разнообразие от динамични системи, е обикновено слаб.

Предметът на хаоса се характеризира с изобилие на количествени данни, безкрайно разнообразие от прекрасни картини и недоимък на строги теореми. Строгите теореми са най-добрият начин да се придаде на един предмет интелектуална дълбочина и прецизност. Докато не сме доказали строгите теореми, не сме разбрали смисъла на нашите понятия. В областта на хаоса аз зная само една строга теорема, доказана от Тиен-Юин-Ли и Джим Йорк през 1975г. и публикувана в една кратка статия със заглавие „Период три означава хаос”, [4]. Статията на Ли-Йорк е един от безсмъртните бисери в математическата литература. Тяхната теорема се отнася до нелинейното изображение на един интервал върху самия себе си. Последователните положения на една точка при повтарящите се изображения могат да се разглеждат като орбита на една класическа частица. Една орбита има период N , ако точката се завръща в своето първоначално положение след N изображения. Една орбита се дефинира като хаотична в този контекст, ако тя се отклонява от всички периодични орбити. Теоремата твърди, че ако съществува една единствена орбита с период три, тогава съществуват и хаотични орбити. Доказателството е просто и кратко. По мое мнение, тази теорема и нейното доказателство хвърлят повече светлина върху основите на природата на хаоса, отколкото хиляда прекрасни картини. Теоремата обяснява защо хаосът преобладава в света. Тя не обяснява защо хаосът толкова често е слаб. Това остава задача за бъдещето. Аз смятам, че слабият хаос няма да бъде разбран по фундаментален начин, докато не сме в състояние да докажем строги теореми за него.

Струнни теоретици

Бих искал да кажа няколко думи за теорията на струните. Само няколко думи, защото зная много малко за теорията на струните. Никога не си направих труда да изуча тази материя или да работя самият аз по нея. Но когато съм си у дома в

Института за съвременни изследвания в Принстън, аз съм заобиколен от струнни теоретици и понякога се заслушвам в техните разговори. Дори понякога разбирам по малко от това което те си говорят. Три неща са ясни. Първо, това което те правят е първокласна математика. Водещите чисти математици, хора като Майкъл Атия и Изидор Сингър, са щастливи от това. То откри цял един нов дял от математиката, с нови идеи и нови задачи. Най-забележителното е това, че то даде на математиците нови методи, за да решават старите задачи, които по-рано бяха нерешими. Второ, струнните теоретици смятат себе си по-скоро за физици отколкото за математици. Те вярват, че тяхната теория описва нещо реално във физичния свят. И трето, засега няма нито едно доказателство, че теорията има отношение към физиката. Теорията на този етап не е проверима експериментално. Теорията остава в един свой собствен свят, откъснат от останалата физика. Струнните теоретици правят отчаяни опити да изведат заключения от теорията които да могат да бъдат проверени в реалния свят, но засега без успех.

Моите колеги Ед Уитън и Хуан Малдасена и други, които създадоха теорията на струните са птици, които летят нависоко и съзират величествените силуети на далечни вериги от планини. Хилядите скромни работници върху теорията на струните в университети по целия свят са жаби, изследващи фините подробности на математическите структури, които птиците първи забелязаха на хоризонта. Моите тревоги относно теорията на струните са по-скоро социологически, отколкото научни. Много престижно е да си един от първите хиляда струнни теоретици, откриващи нови връзки и прилагащи за първи път нови методи. Не е толкова престижно да си един от вторите хиляда или един от десетте хиляди. Понастоящем има около десет хиляди струнни теоретици разпръснати по света. Това е опасна ситуация за десетата хилядарка и може би дори за втората хилядарка. Може неочаквано да стане така, че да се промени модата и струнната теория да остане демодирана. Тогава може да се случи така, че девет хиляди струнни теоретици да загубят работата си. Те са били обучени в една тясна специалност и може да се окажат неизползваеми в други научни области.

Защо толкова много млади хора са привлечени от теорията на струните? Привличането е отчасти интелектуално. Теорията на струните е смела и математически елегантна. Но привличането е също и социологическо. Струнната теория е привлекателна, защото тя предлага работа. А защо толкова много работни места се предлагат в струнната теория? Защото теорията на струните е евтина. Ако вие сте ръководител на физическия факултет в някое отдалечено място без много пари, не можете да си позволите да построите модерна лаборатория за работа по експериментална физика, но можете да си позволите да наемете няколко струнни теоретици. Така вие осигурявате няколко работни места по струнна теория и вече имате модерен физически факултет. Съблазнителите са големи за ръководителя на физическия департамент да предложи такива работни места, а за младите хора да ги приемат. Това е опасна ситуация за младите хора а също и за бъдещето на науката. Не искам да кажа, че трябва да отклоняваме младите хора от струнната теория, ако за тях това е привлекателно. Искам да кажа, че

би трябвало да им предлагаме алтернативи, така че да не са тласкани към струнната теория поради икономическа необходимост.

Накрая ще дам моята собствена догадка за бъдещето на струнната теория. Тя вероятно е погрешна. Не си правя никакви илюзии, че мога да предсказвам бъдещето. Казвам ви своята догадка само за да ви предложа нещо, върху което да помислите. Не смятам, че струнната теория ще се окаже нито напълно успешна, нито напълно ненужна. Под напълно успешна разбирам пълна теория на физиката, обясняваща всички детайли на частиците и техните взаимодействия. Под напълно ненужна разбирам тя да остане една прекрасна част от чистата математика. Моята догадка е, че струнната теория ще завърши някъде по средата между пълния успех и провалът. Предполагам, че тя ще бъде подобна на теорията на групите на Ли, която Софуз Ли създаде през деветнайсетото столетие като математическа основа на класическата физика. Докато физиката оставаше класическа, групите на Ли бяха провал. Те бяха решение, което си търси задачата. Но после, петдесет години по късно, квантовата революция преобърна физиката и алгебрите на Ли намериха своето подходящо място. Те станаха ключа за разбиране на централната роля на симетриите в квантовия свят. Аз очаквам че след петдесет или сто години във физиката ще се извърши нова революция, която ще въведе нови понятия, за които ние сега нямаме никаква идея и новите понятия ще придадат на струнната теория нов смисъл. Тогава, струнната теория неочаквано ще намери истинското си място във вселената, произвеждайки проверими твърдения за реалния свят. Предупреждавам ви, че тази догадка за бъдещето вероятно е погрешна. Тя има предимството да бъде фалшифицируема, което според Карл Попър е критерий за научно твърдение. Тя може да бъде опровергана още утре от някое откритие, дошло от Големия адронен колайдър във Женева.

Отново Манин

За да приключа тази лекция, аз се връщам отново на Юрий Манин и неговата книга *Математиката като метафора*. Книгата е главно за математиката. Може би ще се окаже изненада за западния читател, че той пише със същото красноречие и на други теми като колективното подсъзнание, произхода на човешкия език, психологията на аутизма и ролята на мошеника в митологията на много от съществуващите култури. За неговите сънародници в Русия, такива многостранни интереси и ерудиция няма да са изненада. Руските интелектуалци пазят гордата традиция на старата руска интелигенция, където учените, поетите, художниците и музикантите принадлежат към едно единствено общество. Те са такива и сега, каквито ги виждаме в пиесите на Чехов, група идеалисти, свързани помежду си чрез своето отчуждение към суеверното общество и своенравното правителство. В Русия математиците и композиторите и филмовите продуценти разговарят помежду си, разхождат се заедно по снега през зимните нощи, седят заедно на бутилка вино и обменят помежду си своите мисли.

Манин е птица, чийто поглед се простира далеч извън територията на математиката, в по-широкия обхват на човешката култура. Едно от неговите хобита е теорията

на архитиповете, изобретена от швейцарския психолог Карл Юнг. Архитипът според Юнг е умствено изображение, вкоренено в колективното подсъзнание, което ние всички споделяме. Силните чувства, които архитиповете носят със себе си, са остатъци от изгубени спомени за колективна радост и страдание. Манин казва, че не е задължително да приемаме теорията на Юнг за вярна, за да я смятаме за вдъхновяваща.

Преди повече от трийсет години певицата Моник Морели направи запис на песни по текстове на Пиер МакОрлан. Една от песните е *La ville morte*, мъртвият град, с натрапчива мелодия, пригодена за дълбокия контраалт на Морели, и един акордеон, контрастиращ с гласа както и словесни картини, с изключителна наситеност. Написани на лист, думите не са нищо особено:

*“En penetrant dans la ville morte,
Je tenais Margot par la main...
Nous marchions de la necropole,
Les pieds brises et sans parole,
Devant ces portes sans cadole,
Devant ces trous indefinis,
Devant ces portes sans parole
Et ces poubelles pleines de cris”.*

“Когато навлизахме в мъртвия град, аз държах Марго за ръка...Ние вървахме откъм гробището с нашите наранени крака, без нито дума, минавахме край тези врати без ключалки, тези бегло съзряни дупки, тези врати без нито дума, тези кофи за боклук, изпълнени с викове”.

Не мога да слушам тази песен без да изпитвам несъразмерно силни чувства. Често се питам защо простите думи на песента като че ли резонират с някакво дълбоко ниво на несъзнателна памет, като че ли душите на покойниците говорят чрез музиката на Морели. И сега неочаквано в книгата на Манин аз намирам отговор на моя въпрос. В неговата глава, „Архетипът на празния град”, Манин описва как архетипът на мъртвия град се появява отново и отново в творенията на архитектурата, литературата, изкуството и филмите, от древните времена до съвременното, още откогато човешките същества започнали да се концентрират в градове, и откакто човешките същества започнали да се обединяват в армии за да ги опустошават и разрушават. Личността която ни говори в песента на МакОрлан е един стар войник който много отдавна е участвал в една окупационна армия. След като е преминал със своята жена през прахта и пепелта на мъртвия град, той чува отново:

*“Chansons de charme d’un clairon
Qui fleurissait une heure lointaine
Dans un reve de garnison”.*

„Магическите призиви на едно властване, които се съживяват за един час в мечтите на един стар войник”.

Думите на МакОрлан и гласът на Морели изглежда че съживяват един сън от нашето колективно подсъзнание, сънят на един стар войник, който скита из един мъртъв

град. Понятието за колективното подсъзнание може би е толкова митично, колкото и понятието за мъртвия град. Главата от книгата на Манин описва едва доловимата светлина, която тези две вероятно митични понятия хвърлят едно към друго. Той описва колективното подсъзнание като една ирационална сила, която неудържимо ни влачи към смъртта и разрушението. Архетипът на мъртвия град е дестилация на агониите на стотици реални градове, които са били разрушени откакто са били измислени градовете и мародерстващите армии. Единственият начин да избягаме от безумието на колективното подсъзнание е колективното съзнание на здравия разум, основано върху надеждата и разума. Голямата задача която стои пред нашата съвременна цивилизация е да създаде такова колективно съзнание.

Литература

- [1] M.J.Bertin et al., Pisot and Salem numbers, *Birkhauser Verlag*, Basel, 1992.
- [2] M.L.Cartwright and J.E.littlewood, On nonlinear differential equations of the second order, I, *Jour.London.Math.Soc.* **20** (1945), 180-189.
- [3] Freeman Dyson, Prof. Hermann Weyl, For.Mem.R.S., *Nature* **177** (1956), 457-458.
- [4] Tien-Yien Li and James A.Jorke, Period three implies chaos, *Amer.Math.Monthly* **82** (1975), 985-992.
- [5] Yuri I.Manin, *Mathematics as metaphor: Selected Essays*, American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 2007. [Руската версия е: Манин, Ю.И., Математика как метафора, Москва, Издателство МТcHMO, 2008.]
- [6] Andrew M.Odlyzko, Primes, quantum chaos and computers, in *Number Theory, Proceedings of a Symposium*, National Research Council, Washington DC, 1990, pp. 35-46.
- [7] Hermann Weyl, Gravitation und Elektrizitat, *Sitz.Koenig.Preuss.Akad.Wiss.* **26** (1918), 465-480.
- [8] _____, Elektron und gravitation, *Zeits.Phys.* **56** (1929), 350-352.
- [9] _____, *Selecta*, Birkhauser Verlag, Basel, 1956, p.192.
- [10] Chen Ning Yang, Integral formalism for gauge fields, *Phys.Rev.Letters* **33** (1974), 445-447.
- [11] Chen Ning Yang and Robert L.Mills, Conservation of isotopic spin and isotopic gauge invariance, *Phys.Rev.* **96** (1954), 191-195.
- [12] _____, Hermann Weyl's contribution to physics, in *Hermann Weyl, 1885-1985*, (K.Chandrasekharan, ed.), Springer Verlag, Berlin, 1986, p.19.

Published in: *Notices of the AMS*, Volume 56, Number 2, February 2009.

Превод: С. Рашев

В ТЪРСЕНЕ НА ЧЕРНИТЕ ЛЕБЕДИ

Марк Бюканан

(Девизът „публикувай или умри” много често благоприятства тесния и консервативен подход към научното търсене. Дали това не означава, че революционните идеи биват изтласквани в периферията на науката?)

През 1890 електрична компания изкушава немския физик Макс Планк да й помогне в усилията да произвежда по-доброкачествени електрически крушки. Бидейки теоретик, Планк естествено изхожда от фундаменталните принципи и бързо потъва в проблема за спектъра на абсолютно черно тяло. В крайна сметка той решава проблема, като въвежда идеята (“чисто формално” предположение – смятал той тогава), че електромагнитната енергия може да се излъчва или поглъща само във вид на дискретни порции (кванти). Останалото е история. Осветителните електрически крушки и математическата необходимост довеждат Планк до откритието на квантовата теория и до избухването на най-значителната научна революция на 20 век.

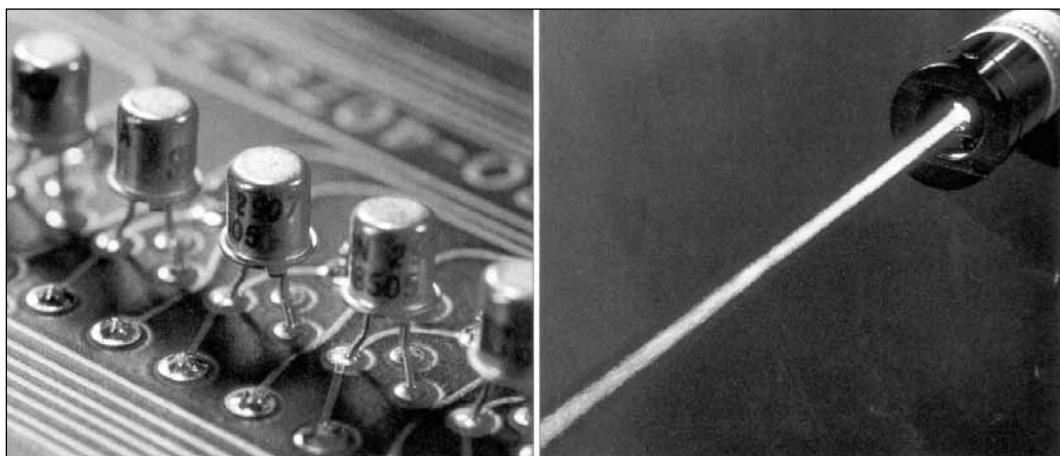
Почти по същото време Планковият колега Вилхелм Рьонтген експериментира с катодни лъчи и забелязва някакво странно сияние, идещо от намиращия се малко встрани флуоресцентен екран, който не е бил част от замисления експеримент. По този начин са открити рентгеновите лъчи, благодарение на които медицината навлезе в новата ера. Разбира се, не са само немските учени, които с откритията си променят света. През 1964 г. американските учени Арно Пензиас и Робърт Уилсън откриха космическото микровълново фоново лъчение в досадния шум, който те не можеха да изолират от своя криогенен микровълнов приемник в Бел-лабораториите.



Макс Планк и Вилхелм Рьонтген правят забележителни открития по неочакван начин.

Така става с откритията: възвръщаемостта на инвестициите в изследванията не идва устойчиво и предсказуемо, а по-скоро по случаен и непредсказуем начин – тя прилича на интелектуално земетресение. Действително, данните за новаторство (било то във фундаменталната наука, в технологията или в бизнеса) показват, че то възниква от случаен процес при пълна непредсказуемост. Така напр. физикът Дидие Сорнет и неговите колеги от Швейцарския технологичен институт в Цюрих преди няколко години показаха, че статистиката на брутните доходи от филмите на Холивуд за изтеклите 20 години не следва нормална статистическа закономерност, а степенен закон, който твърде много прилича на известния закон на Гутенберг и Рихтер за земетресенията – с удължена опашка за високодоходните филми. Подобна закономерност описва финансовата възвръщаемост от новите лекарства, произвеждани от биотехнологичната промишленост, от хонорарите, които университетите получават срещу патентите, както и от борсовата печалба за високотехнологичните новаторства.

Онова, което знаем за процесите със степенни закони на динамиката, е, че най-значителните събития имат силно непропорционални следствия. В съответствие с метафората на Насим Талеб в нашумялата му книга *“Черният лебед”* (2007) не са нормалните явления, рутинните и очаквани “бели лебеди”, които имат най-решаващо значение, а малко известните пришествици отвън, абсолютно неочакваните “черни лебеди”. В исторически контекст да си спомним за 11 септември 2001 г. или за изобретяването на Мрежата. По подобен начин и историята на науката сякаш се върти около рядко възникващите сеизмични размествания, които никой не предсказва и няма никакъв шанс да предскаже, както и около онези фундаментални открития, които преобразуват света. Те не произтичат от това, което философът на науката Томас Кун [1] нарече “нормална наука” – укрепващата устоите на парадигмата разработка на установените идеи, – а от “революционната” разрушителна и рискована наука.



Транзисторът и лазерът също са резултати на откривателски късмет.

Изтискване на жизнените сокове от новаторството

Всичко, за което Сорнет спори в продължение на няколко години, е от важно значение за начина, по който преценяваме инвестициите в изследователската работа. Ако пътят към откритието е пълен с изненади и ако повечето печалби представляват малко на брой изключителни явления, тогава даже преценката дали една изследователска програма е добре замислена е силно проблематична. “Почти всеки опит да се прецени резултатът от изследването за краен срок от време”, казва Сорнет, “ще включва само няколко значителни открития и поради това ще е твърде ненадежден, даже ако съществува истински дългосрочна положителна тенденция”.

Това повдига един важен въпрос: дали днешната научна култура уважава тази реалност? Правим ли всичко възможно, за да възникнат най-значителните и най-радикалните открития? Или сме прекалено консервативни и ограничени от социалния натиск и от изискванията за бърза и лесна възвръщаемост? Последната възможност предизвиква сериозна загриженост у много от учените, които смятат, че съвременната наука е изправена пред опасността да загуби своята творческа мощ, ако навреме не бъде намерен път към изграждането на култура, готова да поеме рискове.

Гласовете в полза на това схващане са твърде различни. Например физикът Джефри Уест, който понастоящем е президент на Института Санта Фе (ИСФ) в Ню Мексико, САЩ [2], посочва, че през годините след Втората световна война американската индустрия създаде устойчив поток от променящи парадигмата нововъведения, между които транзистора и лазера. Това можа да стане, защото съществуваша места като лабораториите Бел, в които беше създадена култура на извънредно свободно новаторство. “Те събраха на едно място сериозни учени – физици, инженери и математици”, казва Уест, “и създадоха култура на свободно мислене, без което трудно можем да си представим как подобни идеи биха могли да възникнат.”

За съжаление днешната академична и корпоративна култура като че ли се движи в обратната посока, като създава атмосфера на потискане на склонните към риск единаци с широк възглед за науката. Така например в университетите и фондациите, комисиите за присъждане на научни звания и за отпускане на стипендии взимат решения, основани върху тесни критерии (списъци на публикации, цитирания и импакт фактори), или върху конкретни планове за краткосрочни резултати. Всички те по своята същност фаворизират онези, които работят в утвърдени области с общоприети парадигми. През последните години затягането на бизнес практиките и на усилията да се повиши производителността тласнаха и корпорациите в подобна посока. “Това може и да е добре за счетоводния отдел”, казва Уест, “но то означава да се изтискват жизнените сокове от новаторството.”

Черните лебеди на науката

Ключовият проблем, по мнението на математическия физик Ерик Вайнщайн, от фондацията Нейтън в Ню Йорк, е във факта, че научната общност много лесно отрязва новите идеи, без при това да рискува каквото и да било. Това системно насочва

културата към предпазливост. Смята се, че рисковата наука е много повече свързана с личности от миналото.

Вследствие на това науката все по-рядко е начинание “отдолу нагоре” на свободно изследване, стимулирано от начина на мислене, довел Айнщайн до относителността, и все повече се превръща в процес “отгоре надолу”, който силно се ограничава от обществения конформизъм и от научното финансиране, следващо модните течения. Специално етиката на “публикувай или умри” силно фаворизира онези учени, които извършват повече или по-малко рутинни технически работи в утвърдени области, и пренебрегва рисковите изследвания на неприети идеи, за които може да е нужно много време, преди да достигнат определена зрялост.

Това е особено вредно, като се вземат през вид ползите от най-значителните открития, които по самата си същност са непредсказуеми както по време, така и по характер. Както посочва Талеб, в нашия свят, доминиран от екстремни и непредсказуеми събития, всяка разумна дълговременна стратегия трябва да приеме и дори да вземе присърце тази непредсказуемост. Той илюстрира мисълта си във финансов контекст. Хората, които инвестират в рискови начинания, трябва да очакват непрестанни загуби в краткосрочни периоди и да залагат на факта, че в крайна сметка те ще наваксат тези загуби, като в дългосрочна перспектива изтеглят голямата печалба.

По-общо казано, основната инвестиционна стратегия на Талеб е да се отделя голяма част от фондовете за консервативни процеси, които няма да загубят стойността си, даже ако имат малък шанс да създадат крупни печалби, и да се отделя малка, но разумна част за високо рискови начинания с потенциал за големи печалби. Тези начинания могат да са непредсказуеми в детайли, но статистиката прави тяхната възвръщаемост много висока.

Но за да се придържаме към подобна стратегия, се изисква много дисциплина и сила на духа. Както посочва Талеб, когато всеки около теб вярва в нормалната статистика, тогава всички около вас ще ви сметнат за глупак, а краткосрочната реалност вероятно ще е на тяхна страна. В краткосрочен план вие ще търпите загуби, няма да имате никаква възвръщаемост и това може да продължи доста дълго време. Същото се отнася и за високо рисковата наука, отнесена спрямо по-краткосрочните цели. В рамките на кратки срокове работата на единаците винаги ще изглежда неуспешна, ще се смята за загуба на време и незаслужаваща да бъде продължавана.

Това е капан, смята Уест, в който е попаднало съвременното научно планиране. “Боя се”, казва той, “че с елиминирането на единаците в науката ние ще загубим способността си да откриваме нови и големи идеи – следващия транзистор. Това е сериозна и трагична грешка”.

Катерачи по хълмовете и пешеходци през долините

Какво трябва да се направи? Някои фондации, разбира се, отдавна са осъзнали нуждата от финансиране на “изследванията изневиделица” – работи с висок риск, но и с допустима много висока възвръщаемост. Например в САЩ Националната научна

фондация има високо рискови програми в области, простиращи се от фундаментална физика до антропология. По подобен начин Европейската комисия има програма за финансиране на технологии, които са оценени, че имат потенциала да преобърнат съществуващите парадигми. Може би най-известният център, който развива високо рискова наука, изискваща дългосрочна и интердисциплинна ангажираност, е Институтът в Санта Фе (ИСФ), който е на частно финансиране. През последните няколко години към ИСФ се присъединиха множество нови центрове, какъвто е канадският институт по теоретична физика в Уотърло, наречен “Периметър”.



Институтът в Санта Фе и институтът “Периметър” развиват независим, тласкан от любопитството, подход към физиката.

Физикът Лий Смолин, който понастоящем е в института “Периметър”, смята, че науката като цяло се нуждае от много по-широк и съгласуван подход към рисковата наука. По негово мнение, за да разберем какви видове политика е нужна, трябва да отчетем, че в повечето случаи учените следват два силно различаващи се стила на работа, които твърде много напомнят разграничението на Кун между нормална и революционна наука.

Някои учени, казва той, могат да бъдат наречени “катерачи на хълмове”. Те обикновено са технически много опитни и тяхната работа е по установените насоки, които ги водят към напредък; те се катерят нагоре по хълма, като винаги правят малки крачки, с които да подобрят съгласието между теория и наблюдение. Тези учени правят “нормална” наука. Противно на тях другите учени са по-радикални и с по-авантюристичен дух; нека да ги наречем “пешеходци през долините”. Технически те може да са по-малко опитни, но притежават силна научна интуиция, която им позволява да напишват скрити предположения и да виждат познати неща по изцяло нов начин.

За да бъде най-ефикасна, твърди Смолин, науката трябва да бъде смес от катера-

чи на хълмове и пешеходци през долини. Когато катерачите на хълмове, създаващи нормална наука, са прекалено много, рано или късно стигаме до положение, когато по върховете на отделни хълмове са се струпали много специалисти, всеки от които защитава своята територия. Тогава науката страда от липсата на достатъчно пешеходци през долините, способни да се откъснат от интелектуално утвърдените позиции и да се впуснат по-нататък в търсене на нови и по-високи върхове.

“Такова е положението според мен”, казва Смолин, “и ние се намираме в него, защото науката приема като критерий за добър и обещаващ учен образа на добрия катерач на хълмове. Нужните ни пешеходци през долините са изключени или са изхвърлени в периферията”.

Смолин смята, че в баланса трябва да бъдат включени повече пешеходци през долините и че това не би било много трудно, ако подходим по-решително към проблема. За целта е нужно младите учени да бъдат оценявани не по това дали те са свързани с установени от десетилетия от старшите учени научни програми, а единствено въз основа на техните индивидуални способности, творчески възможности и независимо мислене. По негово предложение някои от конкретните стъпки, които трябва да бъдат предприети, е в отделите със силно представени утвърдени насоки на изследвания да се включат учени с различаващи се възгледи. По същия начин конференциите, фокусирани върху дадена изследователска програма, трябва да се стараят да включват участници от конкурентни програми.

Освен това финансиращите агенции трябва да разработят средство за порицание на онези учени, които пренебрегват истински “трудните” проблеми, и за поощряване на онези, които атакуват отдавна известни нерешени проблеми. Може би, разсъждава Смолин, дадената фондация би могла да създаде някои действително дългосрочни стипендии за финансирането на млади учени, да речем за срок от 10 години, така че да им се позволи спокойно и задълбочено да работят върху идеите си, без да се чувстват притиснати от изискването за бързи резултати.

Мъдростта на тълпите

Вайнщайн предлага друга идея: да се заимстват методи от финансовото дело и учените да подкрепят своите критики, като поемат реални финансови рискове. Вие смятате, че някаква нова теория е свършено негодна и несериозна? Тогава, смята Вайнщайн, вие не трябва да пишете за нея в някакъв анонимен обзор, а трябва да заложите на нейното финансово бъдеще, така че да получите някаква печалба, ако работата безшумно потъне в забвение. А парите ще дойдат от поддръжниците на теорията, които по същия начин могат и да спечелят, ако тя все пак се окаже нещо действително важно.

Позицията на Вайнщайн е, че пазарът, поне на теория, работи ефикасно и по принцип дава точна оценка на продуктите. Пазарът се опира на “мъдростта на тълпите”, както неотдавна беше писано в една популярна книга със същото заглавие. Вземете прочутите пазари за електронни предсказания в Университета на Айова, където се

събират мненията на хиляди участници и които системно дават по-добри предсказания от кой да е експерт. Така например те предсказаха избора на президента Обама с точност до половин процент.

Би ли могло да се прави същото при оценката на научни идеи? Тези идеи, според Вайнщайн, в днешно време не се оценяват справедливо. Той посочва, че статиите на учените-единаци системно биват връщани по причини, които те намират за несправедливи, докато учените от доминиращото течение са убедени, че въпросните идеи са смешни и общността не трябва да си губи времето с тях. Съвременната изследователска практика не притежава никакъв механизъм, по който да се осъществява ползотворна среща на двете страни, така че идеите на единаците да бъдат свободно изразени, а критиците да поемат реален риск, основан върху тяхното собствено знание.

“Какво правите, когато сте изправени пред някой единак с налудничава идея?” пита той. “Вие сте я проучвали, вашите ученици са я проучвали и вие знаете почти сигурно, че тя е грешна. Защо тогава да не използваме знанията си за свое собствено благо? Но засега вие няма как ефикасно да изкажете мнението си на пазара.”

Положението е точно като това на играч на борсата, който твърдо знае например, че дадена стока в момента е подценена, но по някаква причина не може да я закупи и да извлече изгода от своето знание. В теорията на финансите пазар от този вид се нарича “непълн” и неговата непълнота води до неефективност, тъй като релевантното знание не намира израз на пазара.

За да се преодолее аналогичната неефикасност в случая на науката, Вайнщайн предлага да се даде възможност на критика да изрази становище по идеята. “Би било по-ефикасно”, казва Вайнщайн, “ако единакът може да изисква от критика: щом моята теория е така очевидно грешна, защо ти не ми предложиш подписан от теб контракт, с който да залагаш своя дом, мебелите, вилата и пенсията, че в бъдеще моята идея няма да бъде цитирана в 20 водещи списания?”

Това може да изглежда малко прекалено, но дава точен израз на идеята на Вайнщайн, защото осигурява справедлива оценка на единаците, които, вместо да бъдат потискани от конформизма на общността, ще бъдат подкрепени от онези, които са готови да поемат финансовия риск, като заложат на потенциално огромните следствия от евентуалния успех. Подобни механизми, добавя Вайнщайн, ще помогнат да се избегне цензурата на рецензентите, която в днешно време държи изследванията далеч от рисковите начинания.

Като конкретно предложение Вайнщайн обсъжда нещо, което той нарича синтетично хабилиране и което резонира с призива на Смолин за дългосрочни стипендии. В днешно време, казва той, начинаещите изследователи могат лесно да се отклонят от насочване към истински трудни проблеми, защото се боят, че няма да направят кариера, ако работят по дадена тема едно десетилетие и при това не постигнат значителен напредък. За да могат надарените млади учени да се заловят уверено с труден проблем, смята Вайнщайн, трябва съответната фондация или агенция да поеме задължението

да гарантира на този човек, че даже ако проектът не даде резултати, в бъдеще тя ще му осигури добра позиция за изследователска работа в някоя перспективна област.

Новите Айнщайновци

Именно такава неща, твърди Смолин, може да се окаже много полезно. Ако повече на брой учени започнат да се стремят към независима, тласкана от любопитството наука, тогава това би могло също да окуражи големите научни фондации. Действително, според Вайнщайн, тези нови организации могат да имат прилики с финансовите структури и особено със способността им да поемат рискове.

Ако в днешно време има глад за нови Айнщайновци, казва Смолин, това може просто да значи, че малко сме попрекалили в отбягването на независимите изследвания и в поемането на риск. Новите Айнщайновци, посочва той, няма да работят в области, които са утвърдени от десетилетия. Те може дори да не работят в област, свързана с името на някой стабилен старши учен. Новите Айнщайновци могат да се изплъзват както от погледа ни, така и от науката, защото в днешно време нашата научна култура просто не намира начин да ги окуражи.

Бележки на преводача

1. Вж. Томас Кун, *Структурата на научните революции*, ИК "Петър Берон", София, 1996.
2. Много интересни неща за създаването и работата на този институт читателят може да намери в книгата на Мъри Гел-Ман *КВАРКЪТ И ЯГУАРЪТ, Приключения в простото и сложното*, "Прометей – ИЛ", София, 2006.

(Mark Buchanan. *The search of the black swans*. "Physics World", April 2009, p. 22)
Превод (с незначителни съкращения): **М. Бушев**

БЪЛГАРСКАТА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ – TO BE OR NOT TO BE

Динко Динев

*„Дори и най-сложните и изглеждащи отвлечени
фундаментални изследвания имат благотворно
въздействие върху благосъстоянието на
човешкото общество.“*

Ч. Ш. Ву

1.

В светлината на настоящата криза около Българската академия на науките е уместно отново да припомним исторически събития, разиграли се във вече далечната 1964 г. Тези събития са подробно описани в статията на В. Ю. Афиани и С. С. Илизаров – [1]. Пълен превод на тази статия, направен от Н. Ахабабян, беше вече публикуван в списание „Светът на физиката“ – [2].

11 юли 1964 г. В Москва се провежда поредният пленум на Централния комитет на Комунистическата партия на Съветския съюз (ЦК на КПСС). Първоначално не се предвижда на пленума да говори Първият секретар на ЦК Никита Сергеевич Хрущов. За всеобща изненада обаче в края на обсъжданията той взема думата. В типичен стил, като все повече и повече се „разпалва“, Хрущов неочаквано преминава от актуалните въпроси на селското стопанство към въпросите на науката. Ето извадка от неговата реч – [1].

„Другари. Говорейки за политическото ръководство, то аз считам, че ние си имаме Партия и Централен комитет и ако Академията на науките започва да се меси, то ние ще я пратим по дяволите („разгоним к чертовой матери“). На нас не ни е необходима Академия на науките. Науката трябва да се развива в отраслите на производството, там тя ще бъде по-полезна. Академията е била необходима на руската буржоазна държава. Сега, в условията на социализма, тя вече се изчерпа.“

Н.С. Хрущов е сложна и противоречива историческа фигура. Противоречиво е и неговото отношение към науката и по-специално към Академията на науките. Според Хрущов *„Академията е твърде тромава и откъсната от реалните нужди на народното стопанство“* и което е още по-важно *„става все по-неуправляема и опърничава“*. Хрущов замисля да „реформира“ радикално Академията.

През 1959 г. институтите, работещи в областта на техническите науки, се отделят от Академията и се предават на отрасловите министерства. Много по-късно тази реорганизация се признава за неуспешна. Предприемат се стъпки за възстановяване на предишното състояние, но в резултат на неразумните реформи редица водещи институти, които някога са били в състава на Академията, завинаги са загубени за фундаменталната наука.

Реална угроза за съществуването на Академията възниква през 1961 г. Ето думите, с които тогавашния Председател на Академията, известният специалист по органична

химия, А.Н. Несмеянов се обръща към Хрущов: „Е, какво пък. Петър Велики създаде Академията, а Вие Никита Сергеевич ще я закриете.” След няколко седмици Несмеянов е принуден да подаде оставка и за нов председател на Академията е избран М.В. Келдиш, известен математик и механик с важни приноси за развитието на съветската ракетно-космическа техника.

През 1964 г. в отношенията между партийното ръководство и Академията възниква истинска криза. Причината е в провалянето на избора на Н.И. Нуждин за академик. Нуждин е най-близкият сътрудник на любимеца на партията и лично на Хрущов „народния академик” Т.Д. Лисенко. Тази история е описвана много пъти. Освен това А.Д. Сахаров, който е един от създателите на съветската водородна бомба, се изказва против решението на Хрущов СССР еднолично да наруши постигнатия със САЩ мораториум върху провеждането на ядрени опити в атмосферата. В страната започва истинско брожение срещу Академията. Висшето партийно ръководство е затрупано от многобройни и често диаметрално противоположни предложения „как да се реформира” Академията.

За щастие речта на Н.С. Хрущов на юлския пленум на ЦК се оказва и последната му официална реч. На 14 октомври 1964 в резултат на безкръвен преврат той е отстранен от всички заемани партийни и държавни постове и изпратен на своеобразно заточение във вила в подмосковieto.

В годините на своето заточение Хрущов преосмисля много неща. Резултат от тези му размисли са неговите мемоари, които излизат официално в Русия едва след политическите промени – [3]. Ето какво казва в тях помъдрелият Хрущов:

„Нашата интелигенция е най-изстрадалата част на съветското население. Обезателно трябва по-смело да се даде възможност на творческата интелигенция да се изказва, да работи и да твори. Административните мерки по отношение на творческите личности са най-вредните.”

2.

Една страна, колкото малка и бедна да е тя, трябва да се стреми да притежава колкото е възможно по-добре организирани и функциониращи научно-изследователски институции.

Познанието е висшето предназначение на човека. Именно стремежът към познание на заобикалящия ни свят и на нас самите е онази божествена искра, която прави от човешките същества хора. Винаги ще има ентузиастични, които пренебрегвайки материалните несподоби ще са готови да посветят живота си на науката. И тези „донкихотовци” не са никак малко.

В наши дни развитието на технологиите достигна такива мащаби, че самото функциониране на съвременната държава става немислимо без наличието на значителен брой



Фиг. 1. Никита Сергеевич Хрущов на трибуната

висококвалифицирани специалисти в най-разнообразни области: медицина, енергетика, транспорт, комуникации, информационни технологии, строителство, биотехнологии и т.н. Но е добре известно, че образование и наука вървят ръка за ръка и че не може да има качествено образование без развита наука и обратното. Всъщност до голяма степен нивото на развитие на образованието и науката определят качеството на живота в една страна.

От друга страна развитието на технологиите се базира на откриването, обясняването и използването на нови процеси и явления, на създаването на нови материали и прибори, на разработването на нови източници на енергия, на нови средства за предаване, преработка и съхраняване на информацията и т.н. А това става в кабинетите и лабораториите на научните институти и на университетите. Проспериращите страни отдавна са преминали към „икономика на знанието”.

Изключителната роля на науката се разбира в различна степен в отделните страни. Това ясно се вижда от таблици 1 и 2, в които са обобщени данните на Eurostat за 2007 г. за равнището на финансиране и на заетост в научно-изследователския сектор.

В различните страни научните изследвания са организирани по различен начин в зависимост от историческото развитие и културните традиции.

В Германия, например, освен в университетите, които са традиционно силни, наука се прави и в националните и регионалните научни центрове. Двата големи национални научни центъра на Германия са „Макс Планк” и „Херман фон Хелмхолц”.

Изследователският център „Макс Планк” (Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Eingetragener Verein) е основан през 1911 г. Той включва в момента 80 научни института с над 13 хиляди работещи в тях специалисти. Бюджетът му се равнява на 1.4 милиарда Евро (2006).

Обединението на германските изследователски центрове „Х. Хелмхолц” (Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren) е в момента най-голямата научна организация в Германия. Това научно обединение включва 16 крупни научни центъра с над 30 хиляди работещи в тях специалисти. Бюджетът на научното обединение се равнява на над 2 милиарда Евро (2006).

Германия отделя за научни изследвания 2.54% от БВП, което в абсолютно изражение се равнява на 62 милиарда Евро. В научно-изследователския сектор работят 1.8% от всички заети.

Във Франция също наред с големите университети, със столетни традиции, съществуват и национални изследователски центрове.

Френският национален изследователски център CNRS (Centre national de la recherche scientifique) е най-големият сред тях. Това е и най-голямата организация за провеждането на фундаментални научни изследвания в Европа. Центърът е създаден през 1939 г. В момента в CNRS работят над 26 хиляди специалисти на постоянен договор и над 6 хиляди на временен договор (2008).

Друг крупен научен център във Франция е Френският комисариат за атомна енергия CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives). Той е основан през 1945 г. В момента CEA включва 6 крупни изследователски центъра, работещи

в областта на ядрената физика и други 5 изследователски центъра за изследвания в областта на отбраната и въоръженията.

Франция отделя за научни изследвания 2.12% от БВП, което в абсолютно изражение се равнява на 39 милиарда Евро. В научно-изследователския сектор работят 1.8% от всички заети.

В редица други страни ролята на национални изследователски центрове се изпълнява от Академиите на науките. Ето данни за някои от Академиите на науките в Европа.

Таблица 1.

Страна	Процент на зетите с научни изследвания от общия брой заети
Finland	3.2
Iceland	3.1
Sweden	2.7
Luxembourg	2.6
Norway	2.5
Denmark	2.4
Austria	2.1
Switzerland	2.1
Belgium	1.9
France	1.8
Germany	1.8
France	1.8
Spain	1.6
Czech Republic	1.5
Ireland	1.5
Estonia	1.4
Netherlands	1.4
Greece	1.4
Slovenia	1.4
Hungary	1.3
Italy	1.3
Lithuania	1.2
Croatia	1.1
Latvia	1.0
Slovakia	1.0
Malta	1.0
Portugal	0.9
Poland	0.8
Cyprus	0.7
Turkey	0.6
Bulgaria	0.6
Romania	0.5

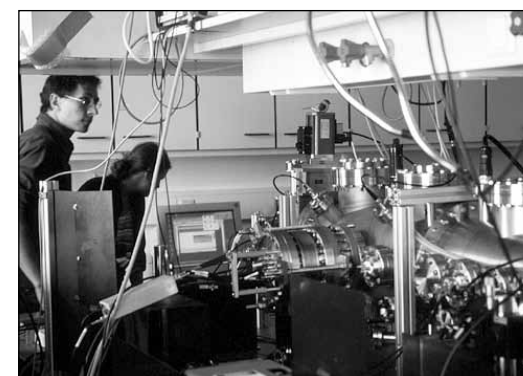
Таблица 2.

Страна	Разходи за научни изследвания в млн. Евро
USA	269 098
EU27	228 682
Japan	118 295
Germany	61 543
France	39 369
United Kingdom	36 728
Italy	16 831
Spain	13 342
Sweden	11 936
Netherlands	9 666
Switzerland	8 486
Austria	6 946
Belgium	6 263
Finland	6 243
Denmark	5 779
Norway	4 665
Turkey	3 410
Ireland	2 501
Czech Republic	1 955
Portugal	1 921
Poland	1 764
Greece	1 311
Hungary	977
Romania	653
Luxembourg	591
Slovenia	501
Iceland	401
Croatia	348
Slovakia	252
Lithuania	233
Estonia	174
Bulgaria	140
Latvia	126
Cyprus	70
Malta	32

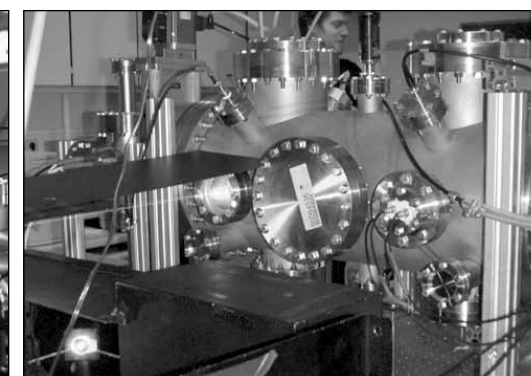
Австрийска академия на науките (<http://www.oecaw.ac.at>)

Австрийската академия на науките е създадена през 1847 г. В момента тя включва 33 научни института – [6]. Бюджетът на академията е 90 млн Евро (2008). Характерно е създаването на нови институти: Институт за молекулярни биотехнологии(1999), Институт за молекулярна биология на растенията „Г. Мендел”(2000), Институт за числена и приложна математика „Й. Радон”(2003), Институт за квантова оптика и квантова информация(2003), Институт за интегрирани сензорни системи(2003), Институт за византология(2006), Институт за социална антропология(2007), Институт за европейско право(2008).

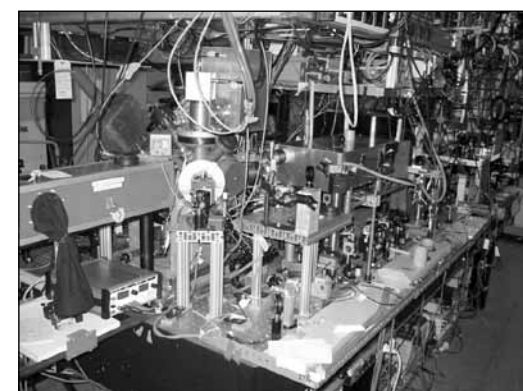
Австрия е сред страните, които отделят най-много средства за научни изследвания – 2.56% от БВП, което в абсолютно изражение се равнява на почти 7 милиарда Евро. В научно изследователския сектор работят 2.1% от всички заети.



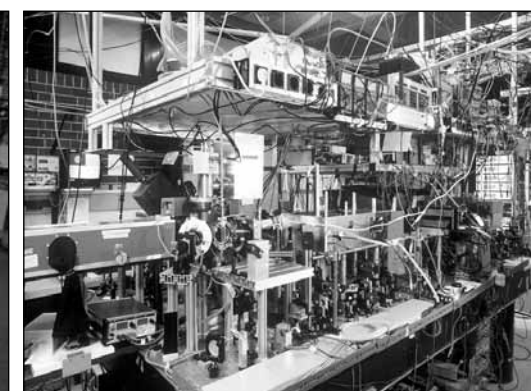
А.



Б.



В.



Г.

Фиг. 2. В Института за квантова оптика и квантова информация, Инсбрук-Виена

А.) Изучаване на дуализма вълна-частица.

Б.) Изследвания по молекулярна физика

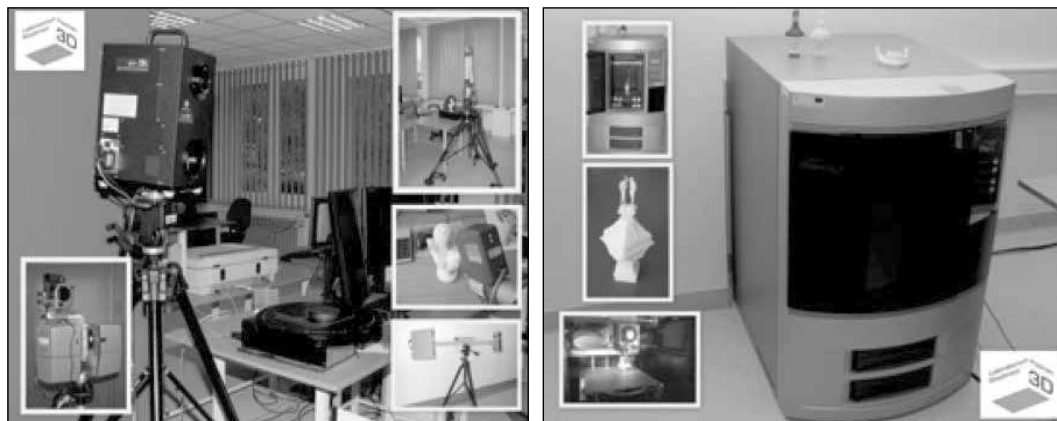
В.) Експеримент по квантова телепортация с калциеви йони

Г.) Експеримент по квантови изчисления

Полска академия на науките (<http://www.english.pan.pl>)

Полската академия на науките е създадена през 1952 г. от сливането на Полската академия на науките, Краков и Варшавското общество на приятелите на науката, създадени в края на 18-ти век. В момента академията включва 79 научни института, в които работят 8 800 човека – [7]. Бюджетът на академията е 239 млн Евро (2008).

Полша отделя само 0.6% от БВП за научни изследвания, което в абсолютно изражение се равнява на 1764 млн. Евро. В научно-изследователския сектор са заети 0.8% от всички заети (2007).



А.

Б.

Фиг. 3. В Института за теоретична и приложна информатика, Варшава
А.) Апаратура за тримерно сканиране и получаване на тримерни изображения
Б.) Принтер за тримерни изображения

Академия на науките на Чешката република (<http://www.cas.cz>)

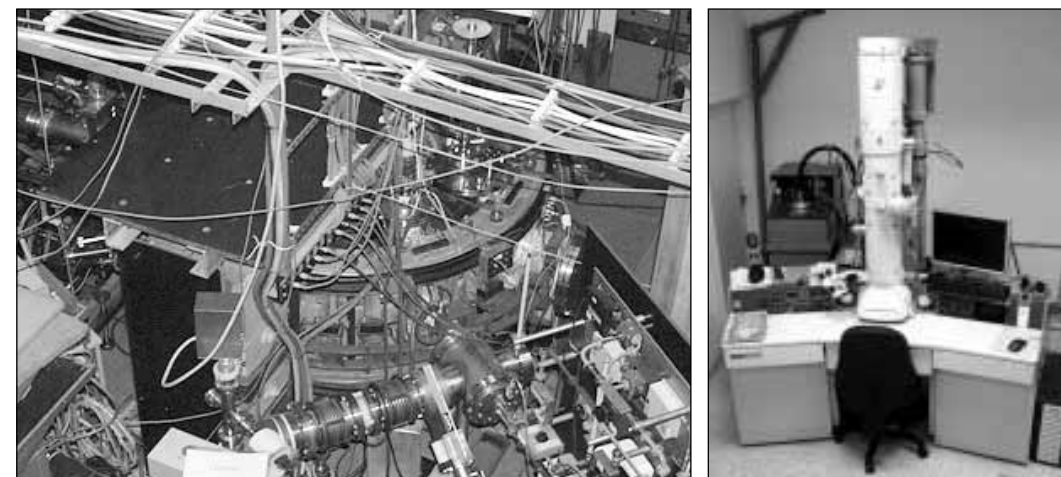
Корените на Чешката академия на науките са в далечната 1784 г., когато е създадено Чешкото кралско научно дружество. От 1890 г. тя се нарича Чешка академия на науките и изкуствата, а от 1953 до 1992 г. – Чехословашка академия на науките. В момента Чешката академия на науките включва 60 научни института в областта на природните и хуманитарните науки – [8]. В тях работят общо 7 771 човека, от които 4 395 са научен персонал (2009 г.). Бюджетът на академията за 2009 г. се е равнявал на 392 млн Евро.

Чешката република отделя за научни изследвания 1.54% от БВП, което в абсолютно изражение се равнява на 1 955 млн Евро. С научни изследвания са заети 1.5% от всички работещи.



А.

Б.



В.

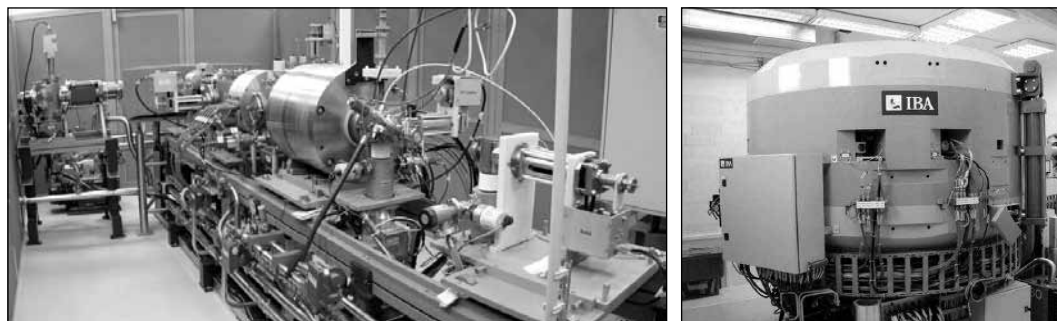
Г.

Фиг. 4. В Института по физика на плазмата, Прага.
А.) термоядреният реактор, тип токамак, COMPASS,
Б.) лазерната система с висока мощност PALS,
В.) термоядреният реактор, тип токамак, CASTOR-ct-4,
Г.) трансмисионен електронен микроскоп JEOL 2000 EX

Словашката академия на науките (<http://www.sav.sk>)

Словашката академия на науките е автономна научна организация със задача провеждането на научни изследвания в областта на природните, техническите и обществените науки, приложението на получените научни резултати, обучението на кадри и извършването на консултации и експертизи – [9]. През 2009 г. бюджетът на академията е бил 73 млн Евро. Словашката академия на науките обхваща 56 научни института.

Словакия е на едно от последните места в Европа по средства отделени за научни изследвания, само 0.46% от БВП, което в абсолютно изражение се равнява на 252 млн Евро. Броят на работещите в изследователския сектор е 1% от броя на всички заети (данните са за 2007 г.)



А.

Б.



В.

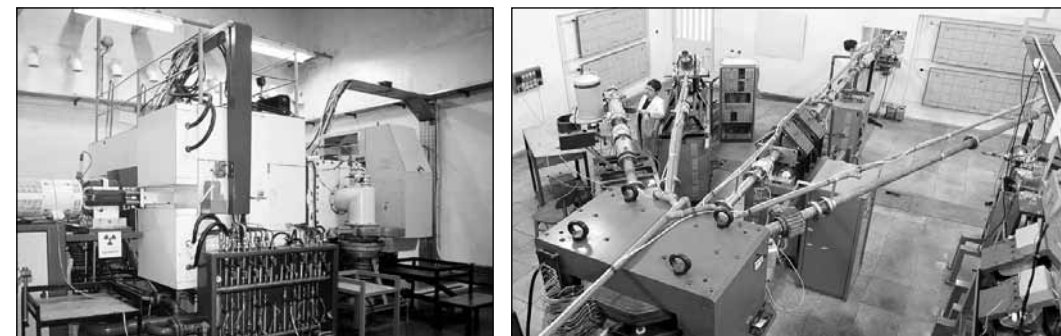
Г.

Фиг. 5. В циклотронния център на Словайската академия на науките, Братислава
А.) В лабораторията по нанотехнологии, Б.) Циклотронът Cyclon 18/9,
В.) Производство на радиоактивни изотопи, Г.) Позитронно-емисионна томография

Унгарска академия на науките (<http://www2.mta.hu>)

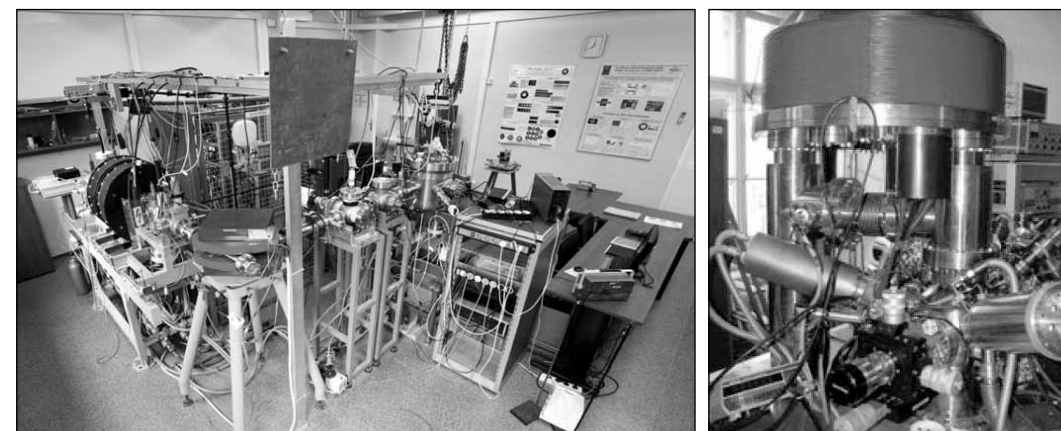
Унгарската академия на науките е основана през 1825 г. Тя обхваща 47 института в областта на природните и обществените науки. Бюджетната субсидия за академията е 130 млн. Евро, плюс други 71 млн. Евро получени от националните научни фондове (данните са за 2006 г.).

Унгария отделя 1% от БВП за научни изследвания, което в абсолютно изражение се равнява на 900 млн. Евро. В научноизследователския сектор работят 1.3% от всички заети (данните са за 2007 г.).



А.

Б.



В.

Г.

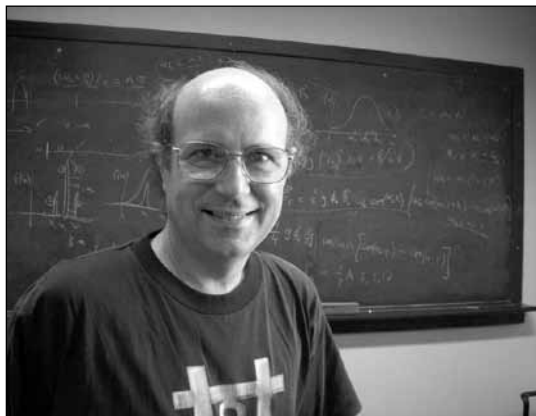
Фиг. 6. В лабораториите на Института за ядрени изследвания (АТОМКИ) в Дебрецен.
А.) Циклотронът MGC, Б.) Експерименталната зона на 5-MV Ван де Граф ускорител,
В.) ECR източник на многозарядни тежки йони,
Г.) Електронен спектрометър ESA-31

Литература

1. В.Ю. Афиани, С.С. Илизаров. Вопросы Истории Естествознания и Техники, № 1, 1999, стр. 167-173
2. Мы разгоним к чертовой матери Академию наук. Светът на физиката, № 3, 2003
3. Н.С. Хрущев. Мемуары. Вопросы истории, № 5-6, 1995
4. Eurostat Newsrelease, No 127/2009, 8 september 2009
5. Eurostat – Science and Technology, No 91/2008, 2008
6. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Zahlen und Fakten 1999-2008
7. Annual Report of Polish Academy of Sciences, 2009
8. Annual Report of the Academy of Sciences of the Czech republic, 2009
9. Annual Report of the Slovak Academy of Sciences, 2009
10. Booklet of Institute of Nuclear Research of HAS, Debrecen, 2004

ДЪЛБОКА ПРОСТОТА

Франк Уилчек



Айнщайн е често цитиран за съвета „Прави всичко толкова просто, колкото е възможно, но не по-просто“. След изучаване на Айнщайновата Обща теория на относителността или неговата теория на флуктуациите в статистическата механика – две от неговите по-сложни творения – бихте могли доста да се чудите дали той е вземал под внимание своя собствен съвет. Безспорно, тези теории не са „прости“ в обикновения смисъл на думата.

Съвременният физик разглежда квантовата хромодинамика (КХД) като почти идеално проста теория. Вече видяхме колко сложно е да се опише КХД с обикновени думи и колко предизвикателно е да се работи с (не да се решава) тази теория. Както Боровата дълбока истина, и дълбоката простота съдържа елемент с противоположна, дълбока сложност. Това е парадокс, но неговото разрешаване е дълбоко просто, както сега ще изследваме.

Съвършенство, поддържащо сложността:

Салиери, Йосиф II и Моцарт

Узнах какво значи съвършенство от общоизвестно посредствения композитор Салиери¹. В една от моите любими сцени на един от моите любими филми – Амадеус – Салиери гледа учудено с широко отворени очи ръкопис на Моцарт и казва: „Променете една нота и ще изbledнее. Променете една фраза и структурата ще рухне“.

В това Салиери улавя същността на съвършеното. Неговите две изречения определят прецизно какво разбираме под съвършенство в много контексти, включително теоретичната физика. Можете да кажете, че това е перфектна дефиниция.

Теорията започва да става перфектна, ако каквато и да е промяна я прави по-лоша. Това е първото изречение на Салиери пренесено от музиката към физиката. И то е точно на място. Но истинската гениалност идва от второто изречение на Салиери. Теорията става идеално съвършена, ако е невъзможно да се измени значително, без да се разруши изцяло; т.е., ако същественото изменение на теорията я свежда до безсмислица.

В същия филм император Йосиф II дава на Моцарт музикален съвет: „Вашата творба е гениална. Тя е качествена. Но тук има просто твърде много ноти, това е всичко. Само отрежете малко и тя ще бъде съвършена“. Императорът е бил смутен

от видимата сложност на Моцартовата музика. Той не е забелязал, че всяка нота има цел – да загатне или осъществи нещо; да усъвършенства структурата или да я варира.

Аналогично, при първа среща с фундаменталната физика хората понякога са объркани от външната и сложност. Твърде много глюони!

Но всеки от осемте цветни глюона има цел. Заедно, те осъществяват пълна симетрия между цветните товари. Отстранете един глюон или изменете както и да е свойствата му и структурата ще рухне до основи. Характерно е, че ако направите такова изменение, теорията, известна по-рано като КХД, започва да предсказва безсмислици: някои частици се пораждат с отрицателни вероятности, а други с вероятност по-голяма от единица. Такава идеално твърда теория, която не позволява съвместима модификация, е извънредно уязвима. Ако кое да е от нейните предсказания е погрешно, няма къде да се скрие. Няма експресни коефициенти или пощипвания. От друга страна, идеално твърдата теория, показала веднъж значителен успех, става наистина много мощна. Защото, ако е приблизително вярна и не може да бъде изменена, трябва да бъде точно вярна!

Критериите на Салиери обясняват защо симетрията е такъв привличащ принцип за зданието на теорията. Системи със симетрия са добре върху пътеката на Салиеровото съвършенство. Уравненията, управляващи различни обекти и различни ситуации трябва да бъдат стриктно свързани или симетрията се влошава. С достатъчно нарушения всички структури са загубени и симетрията пропада. Симетрията помага да правим точни теории.

Така трудността на предмета не е броя на забележките или броя на частиците или уравненията. Тя е съвършенството на идеите, които възплава. Ако отстраняването на каквото и да било разваля замисъла, тогава броят е точно такъв, какъвто трябва да бъде. Моцартовият отговор на императора е великолепен: „Какво малко имахте пред вид, Ваше Величество?“

Дълбока простота: Шерлок Холмс, отново Нютон и младият Максвел

Сигурен начин да се избегне съвършенството е да се направят ненужни усложнения. Ако има ненужни усложнения, те могат да бъдат изместени без влошаване и отстранени без разрушаване. Те също объркват, както в тази история със Шерлок Холмс и д-р Уотсън:

Шерлок Холмс и д-р Уотсън били на палаткова екскурзия. След разпъване на палатката под звездното небе те лягат да спят. Посред нощ Холмс събужда Уотсън и го пита: „Уотсън, погледни нагоре към звездите! Какво ни казват те?“

„Учат ни на скромност. Трябва да има милиони звезди и ако дори малка част от тях имат планети като Земята, ще има стотици планети с разумни същества. Някои от тях са вероятно по-умни от нас. Те може би гледат през своите огромни телескопи надолу към Земята – такава, каквато е била преди много хиляди години. Те може би се учудват дали разумен живот ще се развие тук някога.“

А Холмс отвръща: „Уотсън, тези звезди ни казват, че някой е откраднал нашата палатка“.

Преминавайки от смешното към великото, можем да припомним, че сър Исак Нютон не е бил удовлетворен от своята теория на гравитацията, която се характеризира със сили, действащи през празно пространство. Но тъй като теорията се е съгласувала със съществуващите наблюдения и той не би могъл да открие никакво конкретно подобрение, Нютон оставя своите философски резервации настрана и я представя недекорирана. В заключителната обща бележка (Коментар) към своите принципи той прави класическата декларация:

Не можах да открия причината за тези свойства на гравитацията от явленията, а не измислям хипотези. За каквото и да е, което не е изведено от явленията, трябва да се казва хипотеза. А хипотезите, били математични или физични, или основани на окултни качества, или механични, нямат място в експерименталната философия.

Ключовата фраза „Аз не измислям хипотези” е „Hypothesis non fingo” в оригиналния латински. „Хипотезиз нон финго” е надписът, който Ернст Мах поставя под портрета на Нютон в своята влиятелна Механика. Тя е достатъчно известна, за да влезе във Wikipedia. Тя просто значи, че Нютон се въздържа от натоварване на своята теория за гравитацията с умозрения без наблюдателно съдържание.

(В своя тайна статия обаче Нютон работи последователно, опитвайки да открие доказателство за среда, запълваща пространството.)

Разбира се, най-лесният начин да се избегнат ненужни усложнения е да не се казва въобще нищо. За да избегнем този капан, се нуждаем от доза от младия Максвел. Според ранен биограф, като малко момче е питал винаги: „в местен акцент и идиома” „Какво е go o'that?” (вероятно go over that, премисли – б. пр.) и при получаване на незадоволителен отговор е повтарял „но какво е специално go o'that?”

С други думи, трябва да бъдем амбициозни. Трябва да отправяме нови въпроси, и да се борим за специфични, качествени отговори. Цитирам без угризения параграф от гл. 4, тъй като той е подходящ тук: фразата „научна революция” е използвана за толкова много неща, че се е девалвирала. Появата на амбиция за направата на прецизни математични модели на света и вярата, че те могат да успеят, беше решителната, неизчерпаема Научна Революция.

Има творческо триене между конфликтните питання за пестене на допусканията, докато се осигурят специални отговори на много въпроси. Дълбоката простота е бедна на входа и производителна на изхода.

Компресия, декомпресия и (не)податливост

Компресията на данни е централен проблем в съобщителната и информационната технологии. Мисля, че тя ни дава свежа и важна перспектива върху смисъла и значението на простотата в науката.

Когато предаваме информация, искаме да вземем най-добро предимство в достъпния ивичен сектор. Така ние съкращаваме съобщението, отстранявайки излишната или несъществената информация. Акроними като MP3 и JPEG са познати на потребителите на iPods и дигитални камери; MP3 е аудиокомпресионен формат, JPEG е

образокомпресионен формат. Разбира се, получателят на другия край трябва да приеме спуснатите данни и да ги разопакова, за да възпроизведе цялото отпратено съобщение. Когато искаме да складираме информация, възниква аналогичен проблем. Искане да държим записите компактни, но готови за разкриване.

В по-широк план, много от предизвикателствата, с които хората се сблъскват в разгадаването на смисъла на света, е проблем на компресията на данни. Информацията за външния свят залива нашите сетива. Ние трябва да я приспособим към достъпните сектори на нашите мозъци. Ние опитваме твърде отдавна да пазим точна информация за всичко – така наречената фотографска памет е рядка и най-малкото ограничена. Ние конструираме работни модели и емпирични правила, които ни позволяват да използваме малко представи за света, за да функционираме адекватно в него. „Идва тигър” сгъстява мегабитова оптична информация, плюс може би мегабитова слухова информация от тигровия рев и може би дори – това изглежда трудно – няколко килобита от неговата миризма и усещането, което възбужда, в мъничко съобщение (за експерти: 23 бита в ASCII). Много от информацията е сгъстена, но ние можем да разгърнем някои много полезни сведения от малкото, което е тук.

Изграждането на дълбоко прости теории по физика е олимпийска³ игра по свиване на данни. Целта е да се намери възможно най-краткото съобщение – идеално, единствено уравнение – което, разопаковано, възпроизвежда действителен, точен модел на целия свят. Като всички олимпийски игри това има своите правила. Две от най-важните са:

* Стилизовите пунктове се отстраняват за неяснота.

* Теориите, които дават погрешни предсказания, се дисквалифицират.

След като сме разбрали природата на тази игра, някои от най-странните ѝ характеристики стават по-малко тайнствени. В частност: за най-последната от компримирани данни вие трябва да очаквате сложни и трудно разчитаеми кодове. Да разгледаме например „Take this sentence in English” (Приеми това уравнение на английски). Елиминирайки гласните, го правим по-кратко: Tk ths sntnc n nglsh

Това се чете трудно, но няма реална неяснота за това, какво изречение представява. Според правилата на играта, това е стъпка в правилна посока. Можем да отидем по-нататък, елиминирайки междинните: Tkthssntncnnnglsh.

Това започва да става съмнително. То може да се вземе погрешно за Took those easy not nice nine ogles, he.

Разбира се, английският език е толкова капризен, че такъв вид код губи силно по стил поради безсмислие. Трудно е да си сигурен точно какво се счита като допустимо изречение. В игра за дълбока простота трябва да правим нашата декомпресия, използвайки прецизно определени математични процедури. Но както тези прости примери предлагат, можем да очакваме, че кратки кодове ще бъдат по-малко понятни от оригиналното съобщение и че декодирането им изисква способност и труд.

След векове развитие най-кратките кодове биха могли да станат съвсем неразбираеми. Би трябвало да се положат години обучение, за да се научим как да се използват

и тежка работа да се чете всяко частно съобщение. А сега вие разбирате защо съвременната физика изглежда такава!

В действителност би могло да бъде много по-лошо. Знае се, че главният проблем за намиране на оптимален път за компримиране на произволна съвкупност от данни е нерешим. Основанието е тясно свързано с известната теорема за непълнота на Гьодел и по-специално на Тюринговото доказателство, че проблемът за решаване дали програмата ще зацikli е нерешим. Практически, търсейки последната компресия данни, вие се изправяте пред Тюринговия проблем: не може да сте сигурни дали вашият последен чудесен трик за конструиране на кратки ходове няма да зацikli декодатора.

Но данните на природата изглежда са далече от произвол. Ние бихме могли да намерим много кратки кодове, които описват голяма част от реалността пълно и адекватно. Нещо повече: в миналото, както сме правили своите кодове по-кратки и по-абстрактни, ние сме открили, че разкриването на новите кодове дава нови съобщения, което се оказва, че кореспондира на нови аспекти на действителността.

Когато Нютон декодира трите Кеплерови закона за планетното движение в своя закон за всемирното привличане, обяснения на приливите и отливите, прецесията на равноденствията, и много други, неяснотите отпаднаха. През 1846 г., след почти два века триумфи за Нютоновата гравитация, бяха показани малки несъответствия в орбитата на Уран. Урбан Льоверие показва, че тези несъответствия може да се пресметнат, като се приеме съществуването на нова планета. Когато наблюдателите насочиха своите телескопи там, където той предложи да гледат, видяха Нептун! (Днес тъмната материя е безхитростно ехо, както виждаме.)

Все по-компримирани, за да стартират, разкривани с все по-сложни изчисления, дълбоко простите уравнения дават на света все по-голям добив. Това, мисля, е приземяващата интерпретация на онова, което Айнщайн разбира, казвайки: „Бог е лукав, но не е злонамерен”. Стремейки се към по-нататъшна унификация, ние сме сигурни, че нашият късмет ще продължава.

Бележки

¹ Посредствеността на Салиери е въпрос, дебатиран в сериозни музикални критики. Независимо от това, той е знаменит, че е бил посредствен.

² Внимание: може да индуцира връзка с това, което цитирах в гл. 7.

³ То не е на Олимп, разбира се, така че не е олимпийско събитие. Но като предизвикателство, достойно за гръцки богове и богини, то е олимпийско.

F. Wilczek. *Profound Simplicity*. The New York Academy of Sciences magazin, Autumn 2008, pp. 23-25.
Превод: А. Карастоянов

CAS – ВЪВЕДЕНИЕ ВЪВ ФИЗИКАТА НА УСКОРИТЕЛИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Школата по ускорители (CAS) на Европейската организация за ядрени изследвания (CERN) и Институтът за ядрени изследвания и ядрена енергетика на Българската академия на науките (ИЯИЯЕ-БАН) организираха съвместно от 19 септември до 1 октомври 2010 г. в „Гранд хотел Варна” в курорта „Св. Св. Константин и Елена” школата за млади учени „Въведение във физиката на ускорителите”.

Школата привлече голям брой млади учени – 109 от 34 страни, включително и такива далечни като Австралия, Канада и Виетнам.

Програмата на школата по ускорители беше изключително интензивна и обхващаше 39 лекции¹, 3 семинара и 4 семинарни упражнения, в които участниците бяха разделени на три по-малки групи и под ръководството на известни специалисти в областта решаваха специално подготвени задачи. Бяха отделени и 7 часа за индивидуална подготовка и дискусии с лекторите. Беше организирана също постерна сесия, на която младите учени представиха резултати от своите научни изследвания.

Отзивите² на участниците в школата са изключително положителни. Те оценяват високо знанията и ентузиазма на лекторите, високия стандарт на лекциите и изключителното качество на техните презентации.

За първи път Школата на CERN по ускорители беше посетена от Генералния Директор на CERN, проф. Ролф Хойер (Rolf Heuer), който представи и лекцията „CERN

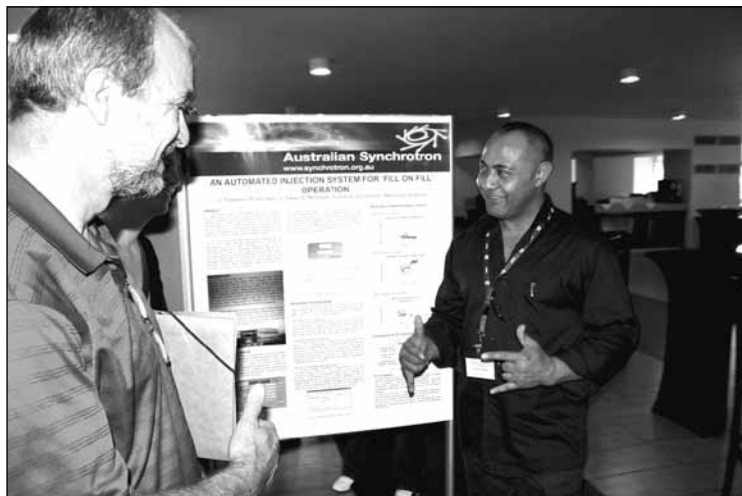


Фиг. 1. Генералният директор на CERN проф. Ролф Хойер (Rolf Heuer)

За първи път Школата на CERN по ускорители беше посетена от Генералния Директор на CERN, проф. Ролф Хойер (Rolf Heuer), който представи и лекцията „CERN

¹ С поканени лекции участваха и Д. Динев (ИЯИЯЕ) – „Вселената на ускорителите” и „Ускорители за тежки йони с висока енергия” и П. Яйджиев (ИЯИЯЕ) – „Физическите експерименти на Големия адронен колайдър (LHC) и българското участие в тях”. Всички лекции могат да се намерят на адрес: <http://cas.web.cern.ch/cas/Bulgaria-2010/Varna-after.html> (бел. на преводача).

² Ръководството на школата организира за целта специална и много подробна анкета. Освен това бяха получени голям брой писма с отзиви от участниците в школата (бел. на преводача).



Фиг. 2. Постерната сесия на школата по ускорители – д-р В. Такау (Viliami Takau) от Австралийския синхротрон

и физиката на високите енергии”.

В допълнение на академичната програма участниците в школата имаха удоволствието в една незабравима ед-нодневна екскурзия да посетят Аладжа манастир, вграден в скалите край Варна, двореца и ботаническата градина в Балчик и прекрасния нос Калиакра.

Беше организирано и вечерно посещение на Астрономическата обсерватория и планетариум във Варна с интересни лекции и наблюдения³.

CERN Bulletin, No 44-45, 1 November 2010

Превод: Динко Динев

³ Посещението беше прекрасно организирано от Директора на Варненската народна обсерватория с планетариум г-жа Свежина Димитрова (бел. на преводача).

СИМПОЗИУМ

РАЗПРОСТРАНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИТЕ ЗНАНИЯ НА БАЛКАНИТЕ

17-18 октомври 2011 година, София, България

Повод за предстоящия трети национален симпозиум с международно участие са кръгли годишнини на видни физици. Провеждането му има за цел да събере научната общност, която работи в областта на история на физиката и математиката и да даде възможност за изяви в тази област и на учители, студенти и ученици.

Програма

Научна сесия Студентска сесия Ученическа сесия

Организатор

Институт по физика на твърдото тяло при Българската Академия на Науките

Директор: академик Александър Г. Петров, e-mail: director@issp.bas.bg

Лице за контакти: н.с. Г. Камишева,

URL: <http://www.issp.bas.bg/museum/m01-page1.html>

Тел. 02 / 979 31 58; E-mail: gkamish@issp.bas.bg ; Skype: physmuseum

Адрес за кореспонденция

Институт по физика на твърдото тяло при Българската Академия на Науките

Гр. София, 1784, бул. Цариградско шосе № 72, URL: <http://www.issp.bas.bg>

Тел. (+359) (2) 8758061; Fax: (+359) (2) 9753632

Музей, Тел. (02) 979 31 58; e-mail: gkamish@issp.bas.bg ; Skype: physmuseum

URL: <http://www.issp.bas.bg/museum/m01-page1.html>

Срок за изпращане на регистрационна форма и абстракт (doc , pdf) – 15 август 2011 г.

XXXIX НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА на тема: „АТОМНАТА И ЯДРЕНАТА ФИЗИКА В ОБРАЗОВАНИЕТО”

Посветена на 100 години от Модела на Ръдърфорд и
на паметта на акад. Матей Матеев (1940-2010)

София, 7-10 април 2011 г.

Адрес на Организационния комитет:

СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
ЗА XXXIX КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА
ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА
ПК 6, бул. “Дж. Баучер” 5, 1164 – СОФИЯ
тел. 86 27 660; 81 61 684

e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg

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

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

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
BG82CREX92601013508300
BIC: CREXBGSF
ТОКУДА БАНК АД

АПОКАЛИПСИС – КОГАТО МУ ДОЙДЕ ВРЕМЕТО...

„Усилието да се разбере Вселената е едно от твърде малкото неща,
които издигат човешкия живот малко над нивото на фарса
и му придават нещо от изяществото на трагедията”
Стивън Уайнбърг

Така завършваше знаменитата си научно-популярна книга „Първите три минути след сътворението” нобеловият лауреат по физика за 1979 г. Стивън Уайнбърг, издадена преди повече от три десетилетия, (у нас преведена през средата на 80-е години). Ами, щом „нещо” е започнало да съществува, много вероятно е и да престане... И сега издателство „Прометей – И.Л.” прави поредното героично усилие в тази посока – да ни запознае с възможното ни бъдеще, издавайки един от бестселърите на световно известната серия The Science Masters „Последните три минути. Догадки за крайната съдба на Вселената” на Пол Дейвис, написана в началото на XXI век (The Last Three Minutes. Conjectures about the Ultimate Fate of the Universe. Paul Davies. BROCKMAN Inc. 200). Преводът от английски е на нашия колега Михаил Бушев – с големи заслуги за появата у нас на много стойностни преводни книги от тази област.[1]

Грандиозни сценарии: сблъсъци между галактики, избухване на свръхнови и изгасване на джуджета, възникване ex nihilo на пулсари и изчезване in nihilum на неутронни звезди, реликтов и хокингово лъчение, гравитационни лещи и гравитационни прашки, черни и не толкова черни, дупки – заредени, микро, пък и окосмени! Не стига, че не можем да проумеем чудотворните свойства на обикновения вакуум, но ни е необходим и фалшив вакуум. И от тук тръгват процеси на спагетизиране, образуване на мехури и бебета-вселени, на паралелни и циклични вселени ... и цял куп умозрителни сценарии, наричани теории! [2] И като „десерт” – достигаем до щекотливи теми и проблеми, свързани със съдбата на земното човечество след обозрими или необозрими астрономични периоди: ментален свят, населен от същества с мозъци с неограничени възможности, за невъобразяеми генетични манипулации – имплантиране в мозъка на микропроцесори със силиконови чипове ... [3]

И всичко е разказано подробно, достоверно и убедително: стъпило върху „здравите научни основи” на съвременното естествознание, на върха на перото или върху дънните платки на компютрите, като логично следствие на сложни математични конструкции и далеч достигащи екстраполации и най-вече с необузвано човешко въображение ...



Достатъчно е да споменем имената на някои от цитираните автори на такива теории, станали световно известни именно с тях – Стивън Хокинг, Херман Бонди, Томас Голд, Алън Гът, Роджър Пенроуз, Лий Смолин, Фред Хойл и други от този калибър, за да застанем мирно и да козируваме! А на Земята късметлии астрономи-наблюдатели „удрят“ джакпота, регистрирайки „малки зелени човечета“ или местонахождението на „черни дупки“. Пък чевръсти теоретици се надпреварват да обяснят или опровергават всеки експериментален факт или подхвърлена хипотеза! Нещо повече: изкусни експериментатори и огромни колективи са се захванали с построяването на гигантски („астрофизични“ по мащаби и стойност) апаратури с цел експерименталната верификация на тези плодове на необуздани фантазии и сложни математични изчисления или компютърни симулации.

Ако човек разгърне оригиналните им публикации – с много на брой и трудно разчитаеми формули и малко „проза“, нещата са наред. И когато ни бяха поднасяни – по лъжичка, през година-две – преглъщахме ги – кой с мляскане, кой като рициново масло... Но сега, поднесено на куп – като „тюрлюгювеч“, – признавам си, „ми идва байгън“... И аз получих тик, какъвто бе получила, не си спомням коя, черна дупка... И всичко това (и още много друго) е предложено по време на мизерния земен живот на нашето поколение... [4]

Освен това съвсем естествено е, че ние сме осъдени всичко да изразяваме с нашите „човешки“ понятия и представи и да ги измерваме с земните размери и време на въртене на Земята около Слънцето. Човешките същества могат да постигнат дълбоки космологични познания единствено със силата на разсъждения и невъобразимото творческо „дръзновение“, екстраполирайки установените на Земята закономерности върху „всичко“, което наричаме „Вселена“, в невъобразимо далеч достигащи безкрайности. Числените оценки на пространствено-времените мащаби в които се разиграват тези събития (почти) винаги са представяни като 10 на степен – двузачно или тризачно число със знак + или – (обикновено напечатано с по-дребен шрифт). (В паметта ми изплува „картина“ от преди четиридесетина години, когато на една конференция у нас, големият руски физик Витали Лазаревич Гинзбург, по-късно академик и Нобелов лауреат по физика (2003 г.), излагаше хипотезата си за произхода на космичните лъчи, жонглирайки на пръсти с числа от такъв мащаб – и всичко, което искаше да обясни, се получаваше...)[5]

Всъщност, независимо, че по-честата употреба на думата „апокалипсис“ (ἀποκάλυψις, от книга „Откровение“ на Йоан от Новия завет), е в смисъл на непоносимо бедствие, мъчителен състояние, ужас. А първоначалният му смисъл е „забулване, разбулване“. Днес, когато някои учени употребяват свободно някои понятия като самоочевидни, за да дадат воля на фантазиите си за съчиняване на подобни сценарии, и двете значения имат смисъл. Впрочем, почти всички разглеждани сценарии могат да се намерят в Стария завет и то къде-къде по-правдоподобни... Както с притчите в него можеш да намериш и интерпретираш всички събития в историята на човечеството или съдбата на отделния човек, така и в тази книга можем да намерим и интерпретираме както началото, така и края на Вселената... [6]

Не твърдя, че теорията на Големия взрив е доказателство за съществуването на Бога, но ако атеизмът на Бертран Ръсел, изразен преди повече от половин век, се основаваше на „топлинната смърт“ на Вселената, преди четвърт век скептицизмът на Стивън Уайнбърг беше следствие от проникването в тайните на раждането на Вселената: „...колкото по-разбираема изглежда Вселената, толкова по-безсмислена ни се струва тя“. Днес, вече с толкова сценарии за нейните „последни три секунди“ не ни остава нищо друго освен да си скубем косите – нищо добро не ни очаква в обозримото бъдеще... Все пак, след като архимандрит Джеймс Ъшър през XVII век, е определил датата на раждане на Земята: 23 октомври 4004 г. пр.Хр., имаме основание с трепет да очакваме катастрофата на 21 август 2126 г., определена от съвременните астрономи, когато кометата Суифт-Тъгъл ще удари Земята... [7]

Всъщност, както казва професор (някой го титулуват Свети) Тома от Аквино (1226-1274) „от логическа гледна точка няма никакви специални причини този свят да е без начало и без край“, въпреки че според него самия Вселената има начало и има и край. Ех, тогава възниква въпросът „с какво ще се забавлява Бог след свършека на Вселената?“ Но това да ни е грижата... [8]

Спомних си за „Мислещата тръстика...“ (*L'homme n'est qu'un roseau, le plus faible de la nature; mais c'est un roseau pensant*) на Паскал. „Мислеща, но тръстика...“ си мисля аз... „Тръстика, но мислеща!“ настоява той... и въздиша: „Ето какво виждам и какво ме смуцава. Гледам на всички страни и наред виждам само тъмнина. Природата не ми предлага нищо, което да не извиква в мен съмнение и тревога... Но тъй като виждам твърде много, за да отрека, и твърде малко, за да се уверя, положението ми е окаяно.“ Сега, в началото на XXI век, след като прочетох „Последните три минути“ на професора по теоретична физика Пол Дейвис, повече съм склонен да споделя чувствата на самотния мислител в Порт Роял преди 3 века...

В златния век на скептицизма и всемогъществото на разума, хората от времето на Волтер са се питали кое поредно чудо трябва да отхвърлят. В днешно време – на развихрилият се и безпределен рационализъм се питае кое ли ще е поредното чудо, което трябва да преглътнем... Това е, което някои наричат „вяра в несъществуващите чудеса“, други „мечтания в креслото“. Вероятно след време нашите потомци ще гледат със снизхождение на повечето от тези теории, както гледаме сега на представите на древните гърци или средновековни схоластици. Затова, ако днес, старци като мен могат да подсмърчат, мърморят и иронизират, простено да ни бъде. Но такива книги, така поднесените проблеми и занимания на най-авторитетни учени могат да запалят младите за каузата на науката.



Бележки

[1] – ...и не по-малки – за редактирането на мои текстове...

[2] – Но след като „приемаме“ („преглъщаме“) разширяването на Вселената, изкривяването на пространството и свиването на времето, ненаблюдаемите кварки с техните цветове и аромати, със сили, действащи между тях, които нарастват с увеличаване на разстоянието, защо да не преглътнем и необузданата, грандоманска употреба на думи на астрофизиците...

[3] – За имплантиран силикон на други места бях чувал, но чак в мозъка... А ние се обиждахме, когато г-н Сакс-Кобургготски намекваше, че трябва да си сменим чиповете...

[4] – Не ни стига колапсът на комунизма, Лукановата зима и Жан Виденовата инфлация, бат`Бойковият бабайтлък, а сега ни плашат с Големия срив и настъпващия Апокалипсис! (Спомнете си истерията, подпалена при пускането на новият колайдер LHC в ЦЕРН, Женева – черната дупка зееше пред нас и ха, да ни погълне...)

[5] Тъкмо бях решил да превърна спестяванията си от пенсията в шлифовани диаманти, но след като се натъкнах на оценката на Фриймън Дайсън, че всички те (диамантите) ще се превърнат в сферични зърна след 10^{65} години и, о ужас!, – в желязо след 10^{1500} години!, – се отказах... Спомних си, че още древните космолози са смятали големите числа и безкрайностите за нещо лошо, за разрушително и пречка в битието

[6] – Нека си го кажем направо: ако бъдем честни пред себе си, трябва със свито сърце да признаем, че сценарият на раждането на Вселената с Големия Взрив и поглъщането ни от Черната Дупка не се различава много от Големия Оргазъм при възникването на човешкия живот и неговия край, откъдето нямаме никаква изходяща информация... А ако изпитваме и симпатии към дядо Фройд, не можем да избегнем и въпроса за несъзнателното транспониране на човешката съдба към „съдбата“ на Вселената...

[7] – Но засега животът продължава, въпреки че няма нито една приета дефиниция за време. Както и в любовта има нещо загадъчно. Нещо, което не можем да видим добре и не сме в състояние да обясним ясно и задоволително. Но въпреки това астрофизикът тръгва да ухажва някоя дама, без изобщо да се интересува от произхода на Вселената или нейния край, а още по малко от същността на Времето...

[8] – Нещо подобно на проблема ми: „какво ще правят в института след като ме пенсионираат?“

Н. Ахабабян

Редколегията на „Светът на физиката“ поздравява своя дългогодишен член

Михаил Бушев с удостояването му с

Грамота на Съюза на преводачите в България

за „цялостна преводаческа и експертна дейност при изграждането на преводни терминологични системи“.

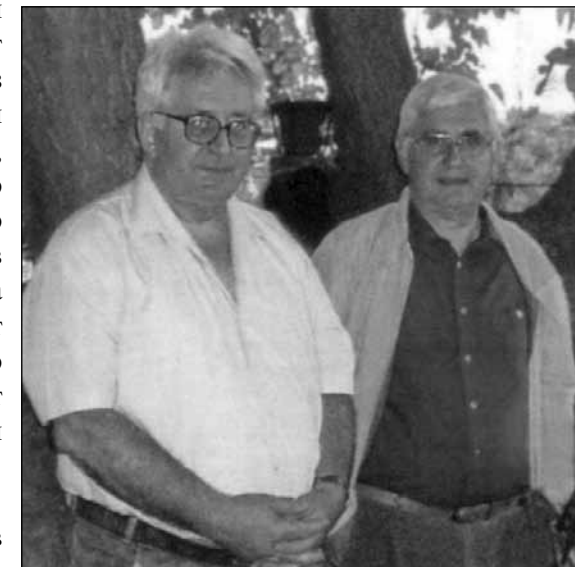
Ние се с радост се приветстваме заслуженото отличие, защото най-добре знаем колко важна е тази дейност и какви са неговите приноси в това отношение.

ОТЗИВ ЗА УЧЕБНИКА „КВАНТОВА МЕХАНИКА“ С АВТОРИ М. МАТЕЕВ И А. ДОНКОВ

Представянето на отзив за учебник или книга далеч не е тривиална задача, особено когато се отнася за учебник, написан от ваши преподаватели и учители, които вече не са сред живите, какъвто е случаят. Трудно е да се отдели чисто академичното представяне от емоциите и усещанията. Все пак ще се опитам да дам традиционния академичен отзив в приетите рамки, като изразя своето лично мнение.

Представеният учебник „Квантова механика“ с автори М. Матеев и А. Донков, представлява пълен увод в съвременната квантова механика и някои нейни приложения. На съвременен и достъпен научен език са изложени основните физични концепции и уравнения на квантовата механика, а така също и лежащият в нейните основи математически апарат. В курса на изложението авторите са успели да намерят баланса между математическата строгост и физическата интуиция. Учебникът е естествен резултат от огромната преподавателска дейност на двамата автори – всеки един от тях има над 40 години преподавателски опит във Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“. Фактът, че този учебник е написан от учени и преподаватели с такъв забележителен опит в обучението на студенти, го прави изключително ценен за всички онези, които искат да навлязат и изучат съвременната квантова механика. Без съмнение този учебник ще е полезен и за опитни учени и преподаватели, които биха могли да го използват като справочник по квантова механика. По мое мнение учебникът на М. Матеев и А. Донков е отлична настолна книга по квантова механика за студентите от Физическия факултет на СУ и горещо го препоръчвам на всички, които имат интерес към квантовата механика и нейните приложения.

Проф. дфн Стойчо Язаджиев



ПРОФ. ДОНЧО ЗАХАРИЕВ СТАЙНОВ (1935-2010) – един от строителите на Института по молекулярна биология на БАН



Дончо беше един от нас, през далечната 1953 г. измежду близо стоте първокурсници на Физико-математическия факултет на Софийския държавен университет, които с ентузиазъм превзеха двора на Московска 15, където тогава се помещаваха аудиториите и лабораториите на факултета. Основният състав на курса беше от провинцията, който се отличаваше от малкото софиянци. Дончо стърчеше с една глава над останалите, шегите и смехът му се чуваха над останалата глъчка, доброжелателното му отношение към всички беше подкупващо. Трябваше да мине доста време за да разберем, и то от случайни странични източници, че той е от известния въз-

рожденски Копривщенски род Стайнови. Заедно сновяхме между „Московска“ и „65 аудитория“ на централната сграда на университета, където през първите години се четяха основните курсове по математика, като по пътя, често, някои „артисваха“. Докато някои млади всезнайковци самоуверено говореха за „принципа на неопределеност“, „изкривеното пространство“ или „ядрените реакции“, Дончо беше повече известен като „експериментатор“ и майстореше някакви прибори в лабораториите на факултета. В университета ни завариха „Унгарските събития“, когато треперехме за кожата си, но Дончо беше единственият, който съпроводи подлежащата на изключване наша колежка (между другото – една от най-блестящите и отличничка на курса) до партийното бюро за разпит. Тези, които завършихме през 1957 г. (няколко десетки души), подлежахме на т.нар. „двугодишно задължително разпределение“, няколко колежки, които успяха да се омъжат за софиянци, останаха в столицата, а останалите се пръснахме като пилци из страната, и с доста от състудентите си не се и видяхме повече... За Дончо научих, че скитал някъде по планините като геофизик, след това се срещаме в София, когато той беше постъпил на работа в престижния Институт по молекулярна биология на БАН, но по-често се засичахме по летните къмпинги покрай морето. По-късно се разчу, че той заминал на специализация в Англия и „забравил да се върне“... Откъслечните и случайни сведения, които достигаха до нас, бяха от добри по-добри: утвърден учен в своята област, с множество дипломанти и аспиранти, лекции в престижни университети и лаборатории, публикации в престижни списания, цитирания, получил заслужено признание и множество научни награди. А когато след

падането на Берлинската стена той започна да се връща, обикновено за летните отпуски, пътищата ни се пресичаха рядко. За съжаление, през последните години, вестите, свързани с него не бяха от най-добрите, до фаталния край, за който научихме, пак със закъснение и от външни източници...

Н. Ахабабян
(януари 2011)

Дипломиран във Физическия факултет на Софийския Университет, Дончо З. Стайнов започва научната си кариера в Централната биохимична лаборатория на БАН, днешният Институт по молекулярна биология (ИМБ), в далечната 1960 г. И това съвсем не е случайно: привлечен е от акад. Румен Цанев, директор на лабораторията. Медик по образование, каквито бяха и другите две личности, поставили началото на изследванията в областта на молекулярната биология у нас – акад. Асен А. Хаджиголов и чл.-кор. Калчо Марков, и тримата вече покойници, той открито изповядваше убеждението, че най-подходящи за работа в областта на молекулярната биология са физиците, следвани от лекари и химици. И нямаше как иначе да мисли човек, който жевееше с тази наука. Показателен в това отношение е фактът, че след Дончо последваха назначения на още двама физици, та аз и до ден днешен си повтарям по един или друг повод – колко прав е бил д-р Цанев! Естествено, при тези обстоятелства няма как научната биография на Дончо да не започне с любимата тема на Р. Цанев по това време – структура, биосинтеза и свойства на рибозомните рибонуклеинови киселини (РНК). Но тя, очевидно, се е превърнала и в негова любима тема, защото в тази област Дончо прави най-съществените си научни постижения, които му донесоха световна известност. Става дума за първият в литературата метод за разделяне и идентифициране на рибозомните РНК чрез електрофореза в агарен гел във водни разтворители. По-късно разработва метод за разделяне в неводен разтворител (формамид). Тези две фракциониращи техники, заедно с конструирания с неговото активно участие спектроденситометър, тласнаха силно напред работата по рибонуклеиновите киселини, ангажираше основната част от сътрудниците по това време. По думите на чуждестранни учени гостували на лабораторията ни, точно тези постижения, публикувани в 3 статии в Nature и станали възможни най-вече с активното участие на Дончо, я направиха известна не само в Европа.

Молекулярната биология се развива с бързи темпове и в началото на 70-те години на миналия век тематиката за РНК в нашия институт отстъпва на изследванията върху хроматина – генетичният материал в клетъчното ядро. Тук Дончо се съсредоточи върху т.нар. фибрила от 30 нм, и по-точно как ядрените белтъци опаковат ДНК и как тази компактна структура осигурява достъпността ѝ към стотици регулаторни белтъци, за да се осъществят процесите на репликация, транскрипция, репарация и рекомбинация. Предложи и модел, който отразява неговата представа за организацията на тази фибрила, но въпросът стои все още открит.

Темата Дончо Стайнов не се изчерпва само с изтъкване на присъствието му в науката. Широката му обща култура и подчертани интереси в областта на музиката и литературата, доста дефицитни в последно време човешки качества, спечелваха лесно приятели. Един пример само: топлите чувства на д-р Цанев към Дончо бяха известни на всички. Няма да забравя 1977 г., когато Дончо замина повторно за Англия и се установи отново в Kings College в Лондон. Смутни времена бяха тогава, на подобни пътувания се гледаше по особен начин и по тази причина, тези от нас, които се чувстваха по-близки с Дончо, избягвахме да отправяме въпроси по негов адрес, още повече да коментираме отсъствието му. Запазил хладнокръвие при създадената ситуация, д-р Цанев си имаше стандартен отговор – ще се прибере, няма да остане там. Това беше позиция, която максимално щадеше Дончо. Разбира се, Дончо си остана там и добре че постъпи така. След време нещата си дойдоха на място до такава степен, че една наша колежка отиде при него на няколкомесечна специализация. По-късно, през 2007, по предложение на Директора и на Научния съвет на ИМБ той бе удостоен с почетния знак “За заслуги към Българската Академия на Науките”. Този жест прави чест на ИМБ, защото с него показва модерно, академично отношение към науката. Струва ми се, че и днес не са много институциите у нас, които биха си позволили подобно поведение.

Няма съмнение, че Дончо Стайнов бе ключова личност в Института по молекулярна биология на БАН, част от един завиден интелектуален елит. Чувствам се подтиснат от мисълта, че всичко това няма как да се случи отново, оставяйки само един сладък спомен.

София, 8 март 2011
Акад. Илия Пашев

Десетилетия преди своята кончина (26 януари 2010 г.) Дончо Стайнов бе станал известна фигура сред изследователите на хроматина в Англия и в чужбина. Той бе сред доайените в областта на хроматина, със значителни приноси към теоретичното му разбиране и дал тласък на експерименталните методи за неговото изследване, член-основател на престижния Лондонски клуб на хроматина.

Дончо Стайнов завършва физика в Софийския университет, след което работи три години за българските геоложки проучвания като специалист по електроника, преди да започне работа по кандидатската си дисертация под ръководството на проф. Румен Цанев в Института по молекулярна биология (ИМБ) при БАН – върху биосинтезата и структурата на рибозомната РНК.

Като аспирант разработва първата система за гел-електрофореза на различните типове РНК и е пионер в спектралната денситометрия на агарови гелове за количественото определяне на РНК. С дарба за електрониката, за тези си изследвания той проектира и построява двулъчев спектрофотометър, за който по-късно получава патент. Използването на физични модели и методи, математическото моделиране и

разнообразните изчислителни техники трайно бележат изследователския му стил на биофизик в полето на молекулярната биология. След назначаването си в ИМБ, Дончо е ръководител на редица студенти, които по-късно на свой ред оглавяват лаборатории (Стефан Димитров в Гренобълския университет; Константин Чипев в Щатския университет на Ню Йорк в Стоуни Брук; Ирина Цанева в Лондонския Юнивърсити Колидж; Христо Венков в Университета на Тенеси в Нашвил – споменаваме само някои от тях).

Първото излизане на Дончо зад граница е при проф. Михаил В. Волкенштейн в Институт високомолекулярных соединений в Ленинград. За първи път посещава Англия през 1970 г. със стипендия на Британския съвет, за да работи с проф. Валтер Грацер от факултета по биофизика в Кингс Колидж на Друри Лейн. Изследванията им върху разделянето на различните типове РНК според молекулното им тегло чрез гел-електрофореза в неводни разтворители (формамид) са представени в няколко високоцитирани публикации (една от тях, в Nature New Biology е цитирана над 500 пъти). Въпреки че днес разполагаме с по-удобни техники за разделянето на РНК, предложената по онова време система остава най-мощният денатуриращ гел и се използва до днес спрямо много силно свързани двойноверижни РНК, а формамидът неизменно присъства оттогава в буфера, из който геловите се натоварват с РНК или ДНК. След връщането си в София Дончо публикува като единствен автор статия в Nature върху разположението на нуклеозомите в хроматина, в която предлага елегантен статистико-механичен анализ на хроматина.

През 1977 г. Дончо се върна в Англия – с подкрепата на Валтер Грацер и благодарение на стипендия на SERC (Science and Engineering Research Council) – и заработи отново в Кингс Колидж. Именно тогава, преди повече от 30 години, видях Дончо за първи път, но помня срещата сякаш е била вчера: търсейки свободен спектрофотометър, в спектралната лаборатория на Валтер заварих висок и изискан, мустакат джентълмен в кожен елек; това беше Дончо, зает със спектрално регистриране на топенето на хроматин. Дончо незабавно се впусна да обяснява върху какво работи и как този въпрос се вписва в търсенето на по-високите нива на организация на ДНК в живите клетки. Ентусиазмът му беше осезаем и заразителен и не зависеше от възрастта или положението на събеседника. А работата явно се очертаваше като важен пробив и през следващите седмици го срещам често в рентгеновата лаборатория на Майк Спенсър. Обобщаването на резултатите не закъсня – отново в статия за Nature.

След 4 години във Факултета по биофизика на Друри Лейн, през 1981 г. Дончо Стайнов се присъедини към Лабораторията по биофизика на Портсмутската политехника (сега Портсмутски университет) и започна многогодишно сътрудничество с проф. Колин Крейн-Робинзон. Там през 1983 г. той предложи своя модел за структурата на фибрилата с диаметър 30 nm, т.е. на най-плътната опаковка на нуклеозомите в хроматина. (Загадъчната 3D-структура на тази фибрила, в която са опаковани ДНК и белтъците, участващи в процесите на транскрипция, репликация, рекомбинация и репарация, играе важна роля при епигенетичния контрол на клетъчната диференци-

ация. Тази структура е обект на изследване и моделиране вече три десетилетия, без да се стигне до съгласие. – бел.прев.) Освен тривиалното топологично решение за последователно подреждане на нуклеозомите във фибрилата, Дончо Стайнов намери още едно решение – за непоследователно подреждане на нуклеозомите в единична спирала, като свързващата ДНК (линкер) между нуклеозомите пресича фибрилата накръст. Той го разви до модел, който между другото обяснява защо експерименталните наблюдения не показват кухня във вътрешността на фибрилата. Дончо допринесе за разбирането на структурата на фибрилата 30 nm също и чрез развиване на нови изчислителни методи, а именно за симулация на разграждането, предизвикано от ензима ДНКаза, което пък доведе до откриването на нов биохимичен маркер за фибрилата 30 nm – първият маркер, разграничаващ фибрилната от алтернативната разгъната структура. През последната година, заедно със съпругата си Яна Пройкива, той показва убедително, че неговият модел позволява опаковането както на късите, така и на дългите линкери. Електронно-микроскопските изследвания от последно време потвърждават и други детайли от модела на Дончо Стайнов за структурата на хроматиновата фибрила.

През 1988 г. Дончо се премести от Портсмут обратно в Лондон. Той много обичаше Лондон и умееше да цени всичко, което предлага културният живот на този град – музика, живопис, театри, филми, – наред с качествата му на световно научно средище с многопосочни сътрудничества, посещавано от световни учени за конференции и лекции. Дончо беше завладяващ събеседник, бидейки личност с широка култура. Беше необикновено начетен, познанията му за класическата музика, живопис и литература бяха завидни. Беше особено изкушен от театъра и двамата с Яна рядко пропускаха нова постановка. Всъщност магията на този град го покорила от първия ден, за да не го пусне никога вече – това сподели с мен веднъж. Дончо и Яна бяха чудесни домакини на незабравими вечери и други забавни събирания.

След връщането в Лондон, Дончо посвети 18 години на имунологията на астмата, алергиите и белодробните заболявания, публикувайки 13 статии и 6 глави от книги. В изследователския център към Болница “Гай” (едно от най-старите и престижни медицински учебни заведения в Англия – бел.прев.) го занимаваха 2 основни области: регулацията на експресията на човешките цитокини тип Th-2 и хроматиновата структура на генния кластер на Th-2 по време на диференциацията на Т-клетките. Пак там той беше ръководител на множество студенти с по-сетнешни успешни кариери.

Дончо беше невероятно отзивчив човек. Трябваше да поема курс лекции (по макромолекулни ансамбли и подвижност), който съдържаеше няколко хроматинови лекции и съответен практикум. Дончо, чиито задължения не включваха преподаване, сам предложи да поеме не само лекциите, но и практикума. Той не се отметна от ангажмента си през следващите 15 години, като само добавяше новите постижения, напр. хроматиновото ремоделиране. Ползваше се с изключителна популярност сред студентите, тъй като след лекциите неизменно ги събираше, за да обсъди с тях това,

за което не бе стигнало времето. Практикумите се превръщаха в забавление, което често продължаваше в кръчмата.

На 12 юни 2007 г. Дончо беше удостоен с почетния знак „За заслуги към Българската академия на науките“ за неговите значителни постижения в областта на молекулярната биология, както и за неговите големи заслуги към Института по молекулярна биология при БАН.

Дончо ще липсва твърде много на своите колеги и приятели – с научната си пронителност и всеотдайност, с ценните наблюдения над културния живот, с великолепно си чувство за хумор.

Mark Sanderson. DONCHO Z. STAYNOV.
The Biochemical Society. Volume 32 No 3 June 2010
Превод (със съкращения): **Р. Мутафчиева**

**Редколегията на „Светът на физиката” благодарни
на г-жа ПЕНКА МИТРАНИ за великодушното и дарение
в памет на проф. Дончо Стайнов**

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

Греъм Фармело¹

Част I

Кратки въстъпителни бележки на преводача

Представете си следния диалог. Искате да узнаете колко е часът и се обръщате към първия срещнат:

- Имате ли часовник?
- Имам.
- Знаете ли колко е часът?
- Знам.
- Можете ли да ми кажете колко е часът?
- Мога.
- Бихте ли ми казал колко е часът?
- Бих...

Не бързайте да се сърдите или да смятате, че сте попаднали на някой смахнат. Този човек би могъл да е самият Пол Ейдриън Морис Дирак – човекът, за когото Стивън Хокинг казва, че “вероятно е най-великият британски физик-теоретик след Нютон”. А че горният диалог напълно би могъл да се състои с Дирак, проличава от следния прочут епизод: След лекция на Дирак слушател иска да зададе въпрос, като казва: “Не разбирам написаното на дъската уравнение”. Дирак мълчи. А когато водещият го подканя да отговори на въпроса, Дирак казва: “Това не е въпрос, а коментар”.

Известен като “великият мълчаливец”, Дирак е бил прочут със своето мълчаливо или най-много бинарно – с “да” или “не” – участие в разговорите. Дори в кореспонденцията с бъдещата си съпруга Манси (сестра на Юджин Уигнър, друг знаменит физик-теоретик) Дирак най-често табулирал нейните въпроси и своите отговори.

Странности на гения? Може би. А може би потисната психика на човек, тиранизиран в детството си от своя баща? Или може би затворен характер на аутист, както допуска Греъм Фармело. Само че тези странности едва ли биха били забелязани, ако не ставаше дума за откривателя (1928) на цял един нов свят на антиматерията (установена експериментално само 4-5 години по-късно), за родоначалника на огромната област на кондензираната материя (отдавна превърнала се в неотменна част от човешкото ежедневие), за учения, който предсказа (1931 г.) съществуването

на магнитен монопол (все още неоткрит), както и на ред други твърде странни по своята същност физически ефекти.

За необщителния и затворен в себе си Дирак мнозина са били склонни да дозират, че му липсват човешки качества и топлота. А негов ръководен принцип за истинността на една теория е била нейната математическа красота. Има ли по-човешко качество от стремежа към красота?

Дираковата “странност” е своеобразно възплъщение на странния квантов свят. Книгата на Фармело доказва това на фона на цялата галерия от образи на много други учени – всеки със своята ярка особеност. Колкото и трудно да се подбират части от тази книга, надявам се читателите да изпитат тръпката от надникването в “скритите страни от живота на Пол Дирак – квантовия гений”.

Вероятно именно посочената ярка особеност на Дираковия гений е накарала Джон Ендърби да избере заглавието “Красива странност” на обзора си за книгата на Фармело (вж. *СФ*, **33** (2010) № 4). От този сбит отзив читателят може да научи някои доста интересни неща за Пол Ейдриън Дирак, още преди да е започнал да чете откъсите в тазгодишното ни *Четиво с продължение*.

М. Бушев

Пролог

Достатъчна беше само една чаша портокалов сок с няколко капки солна киселина. Само след няколко минути стана ясно, че неговите храносмилателни проблеми се дължат на хронична недостатъчност на стомашна киселина. Месеци наред в болницата го бяха подхранвали интравенозно с витамини, без лекарите да разбират защо храносмилането му е толкова лошо. А след експеримента с портокаловия сок лабораторното изследване на стомаха му показва, че в него се съдържа твърде малко киселина. Достатъчно беше след всяко хранене да взима по едно хапче и да се сложи край на почти осем десетилетия храносмилателни проблеми. Така Курт Хофер – приятелят, който предложи експеримента и правилната диагноза, стана медицински гуру на Пол Дирак, една от най-ярките и най-странни личности в историята на науката.

Хофер и Дирак имаха малко общо помежду си, макар и двамата да работеха в Университета на Флорида. Хофер беше клетъчен биолог, произхождащ от семейство на австрийски фермери, увлекателен разказвач със силен немски акцент. Дирак беше мълчалив, отговаряше само на настойчиви преки въпроси, много рядко правеше коментари, а една от любимите му фрази беше: “Винаги са повече хората, които предпочитат да говорят, вместо да слушат”.

Дирак е един от създателите на квантовата механика – най-революционната научна теория, която преобрази многовековните предразсъдъци относно природата на реалността и какво може по принцип да се узнае за вселената. Заедно с това

тази теория се оказа неимоверно полезна: тя лежи в основата на цялата съвременна микроелектроника, дава отговор на огромен брой въпроси, като например защо електричеството протича лесно по метална жица, но не и през дърво. Но нито приложните, нито философските следствия от квантовата физика интересуват Дирак: привлича го само търсенето на най-основните закони в тъканта на космоса. Убеден, че тези закони трябва да са математически красиви, той веднъж си беше позволил фразата: “Господ е математик от много висок ранг”.

Амбициите на Хофер са по-скромни от тези на Дирак. Хофер беше станал известен с изследванията си върху рака и лъченията – след внимателно направените експерименти се опитва да намери теориите, които обясняват резултатите. Това е обичайният подход “отдолу нагоре” на английския природоизпитател Чарлз Дарвин: “извличане на общи закони от голям брой факти”. Подходът на Дирак, класически пример за подход “отгоре надолу”, е обратният: да се формулират такива закони, които да обясняват експерименталните резултати. При едно от най-значителните си постижения Дирак прилага този метод, за да осъществи един на пръв поглед твърде неправдоподобен съюз – между квантовата механика и Айнщайновата теория на относителността – във вид на едно изключително красиво уравнение, описващо електрона. Малко след това, без да разполага с никакви определени намеци от страна на експеримента, той използва своето уравнение, за да предскаже съществуването на антиматерия – непознати дотогава частици със същата маса като тази на съответните частици, но с противоположен електричен товар. Успехът на това предсказание, по всеобщо съгласие, е един от върховните триумфи на теоретичната физика. В съответствие със съвременната стандартна теория на ранната вселена антиматерията е била половината от възникналия при Големия взрив материал; така че Дирак е първият човек, надникнал в другата половина от ранната вселена – при това само по пътя на теоретичните изводи.

Преди десетилетие Хофер с учудване научава, че Дирак се мести от един от водещите в света физически факултети – този на Кеймбридж в Англия, – за да заеме длъжност в Университета на щата Флорида, чийто физически факултет заема едва осемдесет и трето място в ранглистата на САЩ. Отначало се чували гласове на недоволни, но те бързо затихнали, когато деканът на факултета заявил: “Да имаме Дирак при нас е все едно факултетът по английска литература да назначи Шекспир”.

От 1978 Хофер и жена му Райди започват редовно да посещават семейство Дирак, най-често в петъчните следобеди. Диракови живеят наблизко в скромна едноетажна къща, отпред с ливада и декоративни храсти. Гостите винаги са топло посрещани от облечената с вкус съпруга на Дирак, Манси, която заедно с напитките и ядките весело поднася последните факултетски клюки. Дирак се задоволява да седи и слуша разговора около себе си. Толкова е мълчалив, че на Хофер често му се иска по някакъв начин да го въвлече в общия разговор.

При тези близо двегодишни срещи Дирак не показвал никакво желание да говори за себе си и за своите чувства, така че Хофер онемял, когато в една петъчна вечер през пролетта на 1980 той развълнувано заговорил. Повод било споменатото от Манси далечно френско родословие на Дирак. Отначало той я поправил за някои исторически факти, след което с тих и ясен глас започнал да говори за семейните си корени и за детството си в Бристол. “Никога не бях го чувал в частен разговор да говори така гладко и красноречиво. Бях стреснат от мисълта, че иска да ме направи свой довереник” – спомня си Хофер.

Дирак разказвал за корените си в земеделския край на Бордо, западна Франция, как неговите прадеди емигрирали към края на 18 век в швейцарския кантон Вале. В момента, в който започнал да говори за баща си, Дирак се развълнувал, отвърнал се от жена си и Хофер и насочил погледа си право към камината. В тишината на стаята Дирак започнал да разказва за това как баща му пристигнал в Бристол, как се оженили с майка му и създали семейство. Когато заговорил за детството си, гласът му добил острота. “Никога в детството си не съм познавал любов и топлота” казва Дирак и обикновено неутралният тон на гласа му осезаемо се напълва с тъга. Най-много съжалявал, че той, брат му и малката му сестричка никога не са имали приятелчета, повечето време са стояли въщи, “никога не ни идваха гости”. Семейството било тиранизирано от бащата, който настоявал децата да говорят с него само на неговия роден френски език. Когато обядвали, семейството се разделяло на две: майката и другите деца ядели в кухнята и говорели на английски, а Дирак и баща му ядели в трапезарията и говорели само на френски. Всяко хранене се превръщало в мъчение за Дирак: баща му изисквал вярно произношение и правилна граматика. За всяка грешка Дирак бил наказван с отказ на бащата да му разреши нещо. Проблемите с храносмилането често възниквали по време на хранене, но бащата не разрешавал младият Дирак да напуска масата, ако е направил някаква езикова грешка. Това се повтаряло почти всеки ден в продължение на години.

Хофер не вярвал на ушите си: “Бях потресен. Пред мен беше човек, прославил се със своята почти патологична затвореност, който открито разказваше за демоните, които са го преследвали почти седемдесет години.”

Манси не смееа да помръдне. Знаела, че съпругът ѝ говори за себе си в много редки случаи и най-добре е да не му пречи. Само за момент станала да вземе одеало и да покрие краката му, тъй като свечерявало и застудяло. Хофер се сепнал, когато Дирак продължил и обяснил защо е толкова мълчалив и притеснен при нормални разговори: “Не можех да се изразявам на френски и затова реших, че е по-добре да си мълча”.

После Дирак започва да говори за другите членове на семейството. “Не страдах само аз”, казва той все още възбуден. В продължение на тридесет и седем години майка му била заключена в трагичен брак с човек, който я третираше като нищоже-

ство. Но най-тежка била участта на неговия брат, когото “Баща ми тиранизираше и непрестанно мачкаше самочувствието му”. За един момент Дирак като че ли променя фокуса и изтъква, че баща му винаги е ценял доброто образование и че колегите му са го уважавали като съвестен и настойчив преподавател. Но това отстъпление трае съвсем кратко, след което той гневно заключава: “Абсолютно нищо не дължа на баща си”.

Хофер е потресен. Дирак спира да говори малко след полунощ. Монологът му е траял повече от два часа.

По-късно през нощта Хофер обсъжда чутото от Дирак с жена си Райди, която е останала вкъщи заради напредналата си и тежка бременност. Търси отговор на въпроса: “Коя е причината Дирак да е така враждебно настроен към баща си?” Очаква разговорът да продължи. Но Дирак никога повече не подхваща тази тема.

Глава 1.

Дирак е знаел, че баща му също е имал тежко детство. През 1888, на двадесет години, той напуска дома си, без да каже къде ще ходи, прекъсва следването си в Женевския университет и става частен учител по съвременни езици – предметът, който е изучавал в университета. След като обикаля Цюрих, Мюнхен и Париж, се установява в Лондон с надеждата за по-добро заплащане. Отзивите за него като преподавател са много добри. През 1896 се премества в град Бристол, известен с високото качество на училищата си, и става завеждащ отдела по съвременни езици в бързо разрастващото се Търговско-предприемаческо училище. Преподава с хорариум 34 часа седмично при годишна заплата 180 паунда. Благодарение на щедри дарители, бивши питомци на училището, там има богат арсенал от уреди и инструменти за лабораторни упражнения и за добиване на практически умения. Няколко месеца след пристигането си в Бристол Чарлз посещава централната библиотека и там се запознава с Флорънс Холтън – простодушна деветнадесетгодишна библиотекарка, която по-късно му става съпруга.

Фло Холтън и Чарлз Дирак били любопитна двойка. Тя, дванадесет години по-млада, мечтателна, равнодушна към професионална кариера, той – упорит, трудолюбив и отдаден на работата си. Семействата им са с доста различни религиозни възгледи: нейното споделя строгите морални принципи на методистката църква, докато той е издънка на семейство с по-либералните възгледи на римокатолическата църква. Тъй като тези различия са можели да попречат на венчавката им, Чарлз премълчава за своята религиозна принадлежност.

Бащата на Чарлз бил начален учител, а после става началник на ж.п. гара, но е уволнен за пиянство по време на служба. Умира през 1896. Майка му била шивачка в Женева. Швейцарското потекло на Диракови се проследява до 18 век, когато те се преместват от района на Бордо, западна Франция. Имената на много от градовете в тази област завършват на –ак; такива са Коняк, Кадилак, както и

името на малкото селище Дирак. Чарлз е вярвал, че фамилията му произхожда оттам, макар да няма ясни свидетелства за това.

Чарлз и Фло се женят през 1899 и се преместват да живеят в неговата квартира. Следвайки обичаите на времето, Фло напуска работата си и остава вкъщи да се грижи за домакинството. На Великден в новото столетие им се ражда син Феликс. През 1902 г. те се преместват да живеят в по-широк двуетажен дом. Това идва тъкмо навреме, защото на 2 август 1902 г. им се ражда втори син – Пол Ейдриън Морис Дирак.

Докато били малки, двете момчета много си приличали – кръгли личица, обрамчени с гъста, черна, къдрава коса. Обичали да играят заедно с баща си, чиято основна цел била да ги кара да учат. Обаче те едва ли са били щастливи от това, че бащата им говорел само на френски, а майката само на английски. Дори малкият Пол Дирак смятал, че мъжете и жените говорят на различни езици.

Семейство Дирак рядко си позволявало летни почивки, но през 1905 г. заминават за Женева при майката на Чарлз, чиято къща била на хвърлей от езерото. Братята играели с часове под статуята на философа Жан-Жак Русо и под изкуствения гейзер, изхвърлящ вода на височина 90 метра. Разказвайки за това време, седемдесетгодишният Дирак обича да посочва, че първото му пътуване до Швейцария е било по същото време, когато Айнщайн е имал най-успешния си творчески период в Берн, на малко разстояние от Женева. През същата година Айнщайн публикува четири статии, които поставят основите на квантовата теория и на относителността и променят схващанията на хората за пространството, времето, енергията, светлината и материята. Двадесет и три години по-късно Дирак ще бъде първият, който обединява тези две теории.

Първите впечатления на Дирак от общуването с деца извън неговото семейство започват малко след петия му рожден ден, когато постъпва в началното училище. Така е можел да опознае живота на други деца, други семейни традиции и отношения. Той обаче не прави никакъв опит да се сближи с другите деца, остава си мълчалив и продължава да живее свой собствен вътрешен



Пол Дирак, август 1907 г.



Семейство Дирак, 1907 г.

живот. Училищният клас на Дирак се е състоял от обичайния брой от около 50 деца, натъпкани в тясна стая и насядали в еднакви чинове на редици. Царяла атмосфера на строга дисциплина и съревнование. При завършване на началния курс учениците се състезавали за стипендии, с които да заплащат гимназиалното си

образование. Неуспехът на този конкурс означавал, че детето ще трябва да започне някаква работа.

Представянето на Феликс и Пол постепенно се подобрява. Малко след осмия му рожден ден класният учител на Пол пише: “Интелигентно момче, но трябва да вложи повече усърдие в ръчната работа, да подобри своя краснопис (45 процента) и чертожните си умения (48 процента)”. В училището не се преподавало природознание, но учениците получавали умения по чертане – предмет, който залага основите на уникалния начин, по който Дирак разсъждава при научните си изследвания. В днешно време техническото чертане, позволяващо на инженерите да изобразяват тримерни обекти върху двумерен лист хартия, се преподава в твърде малко начални училища в Англия и сравнително рядко в гимназиите. Но в началото на 20-ти век то е било задължителен предмет за половината ученици; всяка седмица на няколко урока класът се разделя на две: момчетата изучават шев и бродерия, а момчетата – техническо чертане. Учениците трябвало да се научат правилно да изобразяват както естествени тела, така и фабрично произведени предмети, включително цветя, насекоми, маси, градински чадъри и джобни ножчета. През есента на 1912 г. на Дирак било възложено да начертае джобно ножче и той прави това доста компетентно – подобно на всички други негови рисунки там нямало нито един декоративен елемент. В училището полагали големи усилия учениците да се научат да пишат четливо, по правилата на учебник, който Дирак и брат му очевидно добре са изучили. Техният ръкопис бил много сходен – ясен, лесен за четене, практически без никакви украшения с изключение на една завъртулка в горния край на буквата D. През целия си живот Дирак запазва буквално същия почерк.

Стремежът на училището бил техните питомци да добият добри умения, полезни за постъпване на работа. Но за Дирак най-важното следствие от този практически подход била изградената способност да си представя какви са геометричните връзки между точките и линиите, лежащи в една равнина, така както го учела геометрията на Евклид. Изучаването на геометрията за Дирак било съчетание на абстрактни математически символи с нагледни образи. В рамките на едно десетилетие той превръща този геометричен подход от конкретни технически приложения до абстракциите на теоретичната физика, от идеализирания образ на джобното ножче до идеализираното математическо описание на атома.

Дирак никога не участвал в обичайните момчешки игри и не се интересувал от спорт – с единствено изключение на кърките, на които се учил заедно със сестричката си Бети и брат си Феликс, когато през 1910 г. в Бристол била открита пързалка за кърки. Иначе предпочитал да седи кротко с книги около себе си и да учи наизуст дълги поеми, които рецитирал в семейството си. През 1933 г. майка му ще каже пред репортери: “Това беше напълно в стила на неговия баща, чийто девиз винаги е бил: работа, работа и пак работа”.

Глава 2

На 4 август 1914 г., когато Дирак се кани да постъпи в гимназия, Британия влиза във война, която обхваща всички индустриални страни в Европа и в която са загинали повече британци от всякога преди. Войната е фон на цялото му гимназиално обучение в Търговско-предприемаческото училище. Още през първите няколко седмици в това училище Дирак става един от водещите по успеваемост ученици. С изключение на предметите история и немски език той е първенец на класа по всички други предмети. Програмата на обучението е изцяло с практическа насоченост, в нея няма място за музика или, за голямо облекчение на Дирак, за латински и гръцки. Обучението е с практическа насоченост и включва английски, математика, природознание (но без биология), малко география и история. Особено се наблягало на добрите технически умения като зидаромазачеството, общарството, металообработването и техническото чертане. Училището било признато за едно от първите в страната по равнището на преподаваните технически умения. В училищните лаборатории Дирак научава как да изработва прости предмети от метални парчета, как да стругова, как да реже с ножовка и да работи с винторез. Тези уроци го научават как да строи сложни предмети и развиват способността му да ги вижда от различни ъгли. В часовете по “геометрично чертане” той научава как да си представя цилиндри и конуси, когато те се срязват под различни ъгли и после се разглеждат в различни перспективи. Обучават го също да си представя формите на движещи се предмети и как да изобразява траекторията на точка от идеален кръг, движещ се по права линия. Ако Дирак се е питал как да се опишат математически такива криви, неговите учители едва ли биха могли да му помогнат,

тъй като това са били бивши занаятчии със скромна или дори никаква математическа подготовка.

Войната взима все повече жертви и в последните военни набори са взети младежи само с една година по-възрастни от Дирак. Все пак от гледна точка на неговото обучение в това е имало нещо положително, тъй като в опразнените горни класове на гимназията взимали попълнения измежду най-добрите ученици от по-долните класове. За Дирак това бил добър шанс да напредва бързо в образованието си. Започнал сериозно да се занимава в класовете по природознание, включително химия. В лабораторните занятия по химия научил, че всяко вещество е съставено от атоми. Научил, че наблюдаваните в епруветките химически реакции се обясняват просто като пренареждане на съставните атоми на химикалите, и това било първото му запознанство с представата, че поведението на веществото може да се разбере, като се изучават неговите най-основни съставки.

В уроците по физика той търси отговорите на въпроси, които отиват далеч отвъд училищната програма и с часове размишлява върху природата на пространството и времето. Допуска, че “вероятно съществува някаква връзка между пространството и времето и ние трябва да ги разглеждаме от четиримерна гледна точка”. Сигурно е споделял развитите в новелата *Машината на времето* (1895 г.) идеи на Х.Дж.Уелс, чиято научна фантастика добре познавал. Във всеки случай младият Дирак е размишлявал върху природата на пространството и времето, преди даже да е чул за Айнщайновата теория на относителността.

Учителят му Артър Пикъринг се отказал да го обучава заедно с останалите момчета и го пратил в училищната библиотека със списък на книги. Веднъж Пикъринг дал на необикновения си ученик няколко трудни задачи, които да решава вечерта, само за да чуе същия следобед от Дирак, че той вече ги е решил. Тогава Пикъринг насочил Дирак към нещо ново, като му предложил да надникне отвъд елементарната геометрия към теориите на немския математик Бернхард Риман за триъгълници, чиито ъгли невинаги се равняват сумарно точно на 180 градуса. Само няколко години по-късно Дирак ще научи, че идеите на Риман хвърлят светлина върху гравитацията.

Чарлз Дирак разбирал както всички други, че по-малкият му син притежава изключително остър ум, съчетан с извънредно силна концентрация. Чарлз обаче не е разбирал добре странното поведение на Пол. Съучениците на Дирак със сигурност са го смятали за странен. Шейсет години по-късно в спомените си за него няколко от тях ще го описват като много тих, висок и слаб младеж, затворен в себе си и изцяло погълнат от интереса си към физиката и математиката. Странял от спорта и не обичал отборните състезания.

Интересът му към литературата също бил извънредно ограничен. Не разбирал поезията, а разказите за приключения, военни битки и пътешествия го оставяли равнодушен. Единствено занятията по физика и математика са оказали влияние върху формирането му като личност. Приличал много на съвременните технофи-

ли, които пред общуването с други хора предпочитат да имат работа с най-новия софтуер и са най-щастливи, когато са оставени насаме с компютърния екран.

През септември 1918 шестнадесетгодишният Дирак постъпва в Техническия колеж на Бристол, който ползва сградите и техническото обзавеждане на Търговско-предприемаческото училище. Брат му Феликс вече е студент в същия колеж, но инженерството не е по вкуса му и той записва само под силния натиск на баща си, който не одобрява желанието на сина си да запише медицина. В колежа отношенията на двамата братя започват да охладняват поради очевидното изоставане на по-големия брат спрямо бързия напредък на по-малкия.

Глава 3

В мрачната утрин на 11 ноември 1918 г. Дирак тръгва за колежа. Скоро ще навърши вторият месец на следването му в колежа и всичко изглежда съвсем обичайно. Но в колежа научава, че всички лекции са отменени. Причината: внезапно и неочаквано войната е свършила. Към обяд центърът на Бристол се е превърнал в сцена на бурен и неудържим карнавал.

Инженерните науки очевидно не са предметът, който най-добре подхожда на талантите на младия Дирак. Курсът в колежа е повече практичен, отколкото теоретичен и повече разкрива ограничените му ръчни умения, отколкото да изяви математическите му дарби. Не че е толкова несръчен, а по-скоро умът му е насочен към други неща: повечето от времето си прекарва в библиотеката, размишлявайки върху основите на физиката. По шест дена в седмицата работи в библиотеката на колежа. Все пак се сприятелява с един от другите трийсетина студенти в групата – Чарли Уилтшир, друг самотен младеж, увлечен в математиката.

Математика им преподавал Едмънд Боултън. Без да има солидна академична подготовка, той показвал на студентите как да се справят със задачите в учебника по ортодоксалните начини, което карало Дирак непрестанно да предлага по-прости и по-елегантни решения. Скоро Дирак и Уилтшир биват отделени от групата, за да могат спокойно да напредват със скорост, която да не притеснява всички останали. На Уилтшир сигурно никак не е било лесно да поддържа темпото, наложено от неговия приятел: за една година те са изпълнили математическата програма за целия курс на обучението. Това довежда Уилтшир до такова непосилно напрежение, че тридесет години по-късно той ще пише: “стремежът да се равнявам по Дирак ме изтощи и ми създаде силен комплекс на непълноценност”.

Математиката била само малка част от образователната програма на Дирак: повечето от времето си той прекарвал заедно с Уилтшир в лабораториите, а също внимателно следял лекциите. За разлика от повечето студенти не обичал да го хранят с лъжичка, а предпочитал да се занимава сам, в идеалния случай да чете в библиотеката, да преглежда книги и списания, сам да стига до свои изводи и асоциации. Един лекционен курс, който държал Дирак в напрежение, бил воден

от шефа на факултета по електроинженерство, Дейвид Робъртсън, инженер с теоретични склонности, прикован към инвалидна количка от полиомиелит. Дирак се възхищавал от Робъртсън заради уменията му да подреди живота си методично и за уменията му с остроумни похвати да преодолява физическия си недъг. Робъртсън не можел да изнася лекции по стандартния начин с чертане и писане върху черната дъска, поради което той прилагал нещо, което е предшественик на дигиталното представяне: поредица от слайдове, проектирани – не съвсем надеждно – с въглеродна дъгова лампа. Коментарите на Робъртсън били кратки и не давали възможност на аудиторията да води записки, което довеждало повечето студенти до отчаяние. Робъртсън давал да се разбере, че курсът по електроинженерство се гради върху солидни теоретични основи. Специализацията по тази дисциплина се провеждала в последния курс, след като били изучавани основите на физика, химия, техническо чертане, както и на други инженерни специалности: строителство, машинно инженерство и двигатели. Никой не би могъл да упрекне курса за липса на връзка с производството: на Дирак били преподавани основи на управлението, договорно право, патенти, счетоводство и деловодство. Но той никога не чувал за данък доходи.

Университетът организирал посещения на местни фабрики – отчасти за да накара студентите да добият представа за шума и мръсотията, при които мнозина от тях скоро щели да работят. Групова снимка, направена при такова едно посещение през март 1919 г., показва как са изглеждали Дирак и неговите колеги – само мъже. Всеки от тях е с вратовръзка, с шапка и палто, неколцина са с бастуни, някои още носят военната си униформа. Шестнадесетгодишният Дирак стои отпред, с ръце в джобовете, гледа право към камерата, а в очите му се чете решителност и бунтарски дух.

В началото на лятото на 1919 г. Феликс получава първата в семейството диплома за висше образование, макар и с доста посредствени оценки. Никога разликата между научните таланти на двамата братя не са били така явни и не е чудно, че разрывът между тях става все по-дълбок и често води до конфликти. Вероятно причината е била завист и чувство за непълноценност от страна на Феликс, подсилвани от неспособността на Пол да прояви повече разбиране и такт, за да щади чувствата на Феликс. В по-късната си кариера Дирак става известен с липсата на разбиране и такт спрямо околните. В младежките си години той едва ли е бил по-различен.

Малко след като е започнала втората година в университета, научното въображение на Дирак е узряло за първото сериозно предизвикателство. Няма друго събитие в кариерата му на учен, което да му е оказало по-силно въздействие от момента, когато теорията на относителността “разтърси света” – както той казва 60 години по-късно. Айнщайн става медиен герой, когато на 7 ноември 1919 г. вестник *Таймс* помества статия под заглавие “Революция в науката”. За един миг

Айнщайн става световна знаменитост, а мустаците му и буйната грива на черната му коса стават познати на читателите на вестници. по целия свят. В статията анонимният автор пише, че получила потвърждение теория на Айнщайн “напълно ще преобърне основите на физиката”, положени преди две столетия от Нютон. Астрономичните наблюдения на две групи британски астрономи бяха установили при неотдавнашното слънчево затъмнение, че идващата от далечни звезди светлина се закривява при преминаване покрай Слънцето в – съгласие с теорията на Айнщайн, а не на Нютон. На стари години Дирак си спомня: “Изведнъж всички заговориха за Айнщайн... На всички им беше дошла до гуша войната. Всички искаха да я забравят. И тогава се появи относителността със своите удивителни идеи и разкри нови простори за мисълта”.

Дирак, Чарли Уилтшир и техните колеги са заинтригувани от новата теория на Айнщайн и опитват да разберат за какво става дума. Но това не е лесна задача. Техните преподаватели, както и другите университетски преподаватели в Обединеното кралство, не знаят повече от студентите. По онова време не е имало научна журналистика, така че Дирак и колегите му трябвало да разчитат на популярните статии, написани от учени и особено от Артър Едингтън, астроном и математик в Кеймбриджския университет и единственият човек в Британия, който познавал теорията. Той дори си беше нацапал ръцете в една от двете експедиции по затъмненията, от които беше получено решаващото потвърждение на теорията.

В поредица от увлекателно написани статии и книги Едингтън развива остроумни и разбираеми аналогии, които правят и най-сложните абстрактни идеи достъпни и привлекателни. Подобни текстове разпалват интереса на Дирак да разбере механизмите на вселената. Но преди всичко той влага повече усилия да получи своя диплом за инженерство.

Малко след осемнадесетия си рожден ден Дирак за пръв път напуска дома си и отива в град Ръгби, където брат му Феликс работи като инженер-стажант. Там той постъпва също на едномесечен стаж във фабрика за електроуреди, с цел да разбере дали подхожда за такава работа. След един месец отговорът става ясен. Работодателят му дава единствения слаб атестат, който Дирак никога е получавал през живота си. След като го характеризира като “небрежен и непохватен”, документът дава ясно да се разбере, че никак няма да е разумно Дирак да търси работа във фабрика. В края на септември 1920 г. Дирак се завръща в Бристол, за да се подготви за последната година на следването си, когато трябва да специализира електроинженерство. Неговата страст обаче е теорията на относителността. Но къде да намери подходящо изложение на теорията, в което постепенно, стъпка по стъпка, да се изяснява как Айнщайн развива своите идеи? Дирак опитва да си изясни философските основи на теорията и чете някои от философските съчинения, за които е чувал, че младият Айнщайн е изучавал. Запознава се със съчиненията на Джон Стюарт Мил², в чиято *Система на логиката* (1843 г.) са изложени схва-

щанията на емпиризма: всички понятия трябва да се основават върху проверими наблюдения. Накрая обаче Дирак стига до извода, че философията не е ефикасен начин да се разбере как вселената функционира. Или, както той ще се изрази в едно интервю през 1963 г.: “философията е просто начин да се говори за открития, които вече са направени”. Дирак все повече се убеждава, че най-доброто средство да се разберат закономерностите на вселената е математиката. Но неговите лектори в инженерния факултет старателно са му внушавали, че математическата строгост няма значение – математиката просто е средство да се получат полезни отговори, които са достатъчно точни за конкретните ни нужди. Ярък представител на този прагматичен подход е Оливър Хевисайд³, изобретил остроумни методи за изучаване на ефектите от преминаването на импулси през токови контури, без обаче да ги обяснява и да дава математическа обосновка (на упреците на математиците отвърщал: “Трябва ли да откажа обета си заради това, че не разбирам храносмилането?”). По-късно Дирак ще използва подобна техника при опитите си да разбере атомите. Един от уроците, които Дирак извлича от инженерните занятия, е да цени приблизителните теории. Когато искаме да опишем как нещо функционира, от значение е да вземем под внимание онези величини, които най-много му влияят, и да отделим несъществените величини, които могат да бъдат пренебрегнати. Дейвид Робъртсън беше научил Дирак на нещо, което той по-късно оценява много високо: даже приблизителните теории могат да притежават математическа красота. Вероятно размишленията на Дирак върху Айнщайновата теория първи го убеждават, че целта на теоретичната физика е да намира уравнения, които описват материалния свят, но инженерното му образование го кара да внесе една уговорка: фундаменталните уравнения на Природата са само приближения. Работата на учените е да намират все по-добри приближения към истината, която винаги остава мъчително неуловима.

Извън неласкавия атестат от Ръгби, оценките на Дирак от сроковете са винаги отлични. Ясно е обаче, че истинският му талант е в теоретичната физика и математиката. В началото на 1921 г., няколко месеца преди Дирак да се дипломира, баща му предлага да се насочи за обучение в Кеймбридж. През февруари Чарлз пише писмо до колежа “Св. Джон” – най-вероятно по внушението на Роналд Хасе, декан на математическия факултет на Бристолския университет и член на комисията към Кеймбриджския университет за издирване на таланти. Хасе сам е завършил този колеж и е известен като първия човек в Кеймбридж, който е изнасял лекции върху Айнщайновата теория на относителността.

Отговорът на колежа е бърз: предлагат на Дирак да се яви на встъпителен изпит през юни 1921 г. Дирак издържа изпита много добре, с което спечелва годишна стипендия от 70 паунда; това е разочароващо недостатъчно, тъй като за едногодишно прекарване в Кеймбридж са нужни минимум 200 паунда. Чарлз заявява, че не може да поеме този разход – годишната му заплата е 420 паунда (но

забравя да спомене нелошите си доходи от частни уроци). На Пол не се полага държавна помощ, тъй като е станал британски гражданин само преди две години. Опитите му да постъпи на работа са все безуспешни – Великобритания е в дълбока икономическа депресия, броят на безработните е достигнал 2 милиона. Най-талантливият питомник на Бристолския университет се оказва безработен. Но тази беда се оказва благословия на съдбата.

Глава 4

През септември 1921 г., когато Дирак все още търси работа, Хасе му предлага да се включи в лекциите по математика, за да му се зачете първата година и безплатно да се дипломира по математика за две години. Когато Дирак започва да посещава лекциите, колегите му са удивени от неговата пунктуалност. Той винаги идвал пръв на лекциите, които започвали от 9 ч., и сядал на първия ред, без да прояви никакъв интерес към другите студенти. Говорел само когато го заговаряли и само с кратки изречения, без никакви емоции. По-късно един от студентите ще си спомни, че никой даже не знаел името на този “висок, блед младеж”, нито пък са се интересували от него, докато резултатите от зимните изпити не показали, че новият студент “П.Е.М.Дирак” е първенец на групата. Някои от студентите решили да разпитат за своя загадъчен колега. С удивление научили, че макар да е осемнадесет месеца по-млад от всеки в групата, той вече има диплом по инженерни науки.

Макар да бил неестествено мълчалив, Дирак се раздвижвал в момента, когато откривал грешка в научното изложение. В един подобен случай, след като лекторът запълнил с формули две дъски и половина, а студентите трескаво се опитвали да водят записки, преподавателят разбрал, че е допуснал грешка. Тогава се обърнал към Дирак: “Сбъркал съм някъде, можеш ли да посочиш къде?” След като Дирак открил грешката и обяснил как да я поправи, лекторът му благодарил и продължил изложението си.

Един от курсовете, които Дирак слуша през първата година, е по проективна геометрия, в която основна роля играят не разстоянията между точки, а *взаимоотношенията* между точките върху различни линии или различни равнини. Дирак е привлечен от методите на проективната геометрия, които развиват пространственото виждане и често се оказват по-ефикасни от алгебричните методи при изучаване свойствата на пространството. По-късно Дирак неведнъж ще посочва значението на проективната геометрия за теоретичните му постройки.

В курса по математика Дирак се запознава и с идеите на Уилям Хамилтън – ирландски математик и любител поет от 19-ти век. Едно от откритията на Хамилтън са кватернионите – математически обекти, които при умножение не комутират. Дирак също се запознава с предложената от Хамилтън нова формулировка на Нютоновите закони на механиката. В подхода на Хамилтън идеята за сила практически е изключена, което позволява значително по-лесно, в сравнение с Ню-

тоновата механика, да се изучават най-различни проблеми – от простото махало до космичните тела. Ключов за механиката на Хамилтън е особен математически обект, станал известен по-късно като хамилтониан. Методите на Хамилтън стават любимо средство на Дирак, когато се заема с изучаването на фундаменталните закони на физиката.

По съвета на Хасе Дирак започва да посещава курсове извън програмата. Един такъв курс е при Дж.Дж.Томсън – ученият, който преди 25 години открива електрона и доказва, че той е съставна част на атома. Дирак също посещава лекциите на Артър Тиндал по атомна физика. Тиндал пръв въвежда Дирак в идеите на квантовата теория, открита (до известна степен случайно) от работещия в Берлин доайен на германската физика Макс Планк. Нещата тръгнаха от експерименти, които целели да помогнат на немската промишленост да подобри качествата на осветителни тела. Това довежда до опитите с черно лъчение. За да обясни спектъра на черното лъчение, Планк в навечерието на 1900 г. въвежда представата, че енергията на светлината (и на всяко друго лъчение) се пренася *само* на порции – *кванти*. Консервативният Планк не смятал, че квантуването е революционно откритие за лъченията, а по-скоро “чисто формално допускане”, за да бъде решена задачата. Пръв Айнщайн, през 1905 г., осъзнава истинското значение на идеята за квантите, като показва как тази идея логически позволява да се изведе формулата за спектъра на черното лъчение. Когато Планк открива кванта на енергията, той също разбира, че неговата стойност се определя от фундаментална константа, която означава като h и която по-късно е наречена “Планкова константа”. Тя се появява в почти всяко уравнение на квантовата теория, но не фигурира в никоя от предишните теории на светлината и веществото, наречени ретроспективно “класически теории”. Извънредно малката стойност на константата означава, че типичният светлинен квант е много малък: например за видимата светлина той е близо една трилионна от енергията на един мах на крилото на муха.

В своите лекции Тиндал въвежда Дирак в идеите на новата физика. Но по това време квантовата физика все още е толкова далеч от логическа завършеност, че по спомените на Дирак не е имала практически никакво влияние върху него. Основният му интерес е насочен към теорията на относителността. По препоръката на Хасе Дирак печели място в Кеймбридж и иска да изучава теория на относителността. Но по липса на подходящ научен ръководител, е насочен към Ралф Фаулър – математик физик, който не е специалист по теория на относителността, но е водещ експерт по квантова теория. За Дирак това не е окуражаваща новина. Но със стипендията от колежа “Св. Джон” (70 паунда годишно) и от Правителствения отдел за научни и промишлени изследвания (140 паунда годишно) той може да преживее, а повече не му е нужно. За беда обаче университетът изисква студентите да внасят таксите в началото на учебната година, а правителствената стипендия още не е получена. Дирак е отчаян. И тук

на помощ идва баща му, който доставя нужната сума. Дирак е трогнат. В крайна сметка Чарлз Дирак не изглежда да е бил толкова лош баща.

Глава 5

Когато на 1 октомври 1923 г. Дирак прекрачва под каменните портали на колежа “Св.Джон”, той влиза в един непознат свят на традиция, доброжелателност и привилегия. Навярно е бил поздравен от портиерите, блестящи в своите ливреи и копринени шапки, всеки от тях внимателно следящ новодошлите да съблюдават правилата на приличното поведение. Колежът приема само мъже. Усещането за традиция в колежа най-ярко е изразено в неговата архитектура, част от която е отпреди четири столетия, построена по завещанието на бабата на Хенри VIII, лейди Маргарет Бофор. Непоклатимото присъствие на тези сгради напомня на студентите, че техният академичен дом ще остане дълго след като всички те, с изключение само на най-талантливите, бъдат забравени.

Още от времето на основаването на колежа, когато първите студенти са били монаси, облеклото при излизане от дома задължително включва мантия и квадратна шапка. За поведението на студентите в града следяла специална университетска полиция и всяко нарушение било строго наказвано (най-малкото наказание била една доста солена глоба). За бита на студентите се грижела специална прислуга. Храната се поднасяла в определена за целта трапезария с резбовани тавани и стени, украсени с портретите на лейди Маргарет и на най-изтъкнатите питомци на колежа. След като и преподавателите са насядали около своята маса, в царуващата тишина, точно в 7:30 ч. един студент прочита кратка молитва на латински. Когато молитвата е завършена, залата изведнъж се изпълва от стотици разговори. Менюто е написано на френски и може да задоволи и най-изискания гастроним. Вечерно време по масите се разнасят алкохолни питиета, вдигат се наздравници, водят се спорове, гласовете стават все по-високи. Всред тази какофония Дирак остава спокоен и безучастен, пие само вода и на зададен му въпрос отговаря най-много с “да” или “не”. Все пак обича да присъства на такива събирания и да слуша разговори, от които научава за нещата от живота извън науката.

Научният ръководител на Дирак, Фаулър, бързо оценил способностите му и бил много доброжелателен. Той обаче често отсъствал заради посещения на физически центрове в Континента. Макар другите студенти да били притеснени от тези отсъствия, за Дирак било добре дошло да работи сам и по собствена програма. Скоро той установил свой режим на работа. Работел плътно шест дена от седмицата, решавал задачите, поставени му от Фаулър, четял препоръчаната литература, следял последните издания на списанията и преглеждал записките си от лекции. Почивал само в неделните дни. При хубаво време излизал сутрин на няколкочасова разходка до обяд. Връщал се за обед в колежа и отново излизал по мъгливите и слабо осветени крайни квартали на Кеймбридж.

Малко след пристигането си Дирак вижда в колежа много от знаменитите учени на страната. Един от тях е Едингтън – човекът, който го е въвел в тънкостите на теорията на относителността. Дирак беше посещавал неговите лекции и подобно на повечето други слушатели остава разочарован от накъсаното му изложение – често не довършвал започнатото изречение, като че ли загубвал интерес към него. Дирак обаче ценял математическия подход на Едингтън към науката, който се превръща в едно от най-силните влияния върху него. Друга забележителна фигура на Кеймбридж бил роденият в Нова Зеландия Ърнест Ръдърфорд. Като личност и като подход към физиката той бил пълна противоположност на Едингтън. Докато Едингтън бил самовглъбен, с меки обноски и с привързаност към математическата абстракция, Ръдърфорд бил рязък, земен, с вулканичен темперамент и с нетърпимост към теоретизирането. “Само да не ми падне някой, който в моя отдел си позволява да говори за вселената” – ръмжал той. За разлика от Едингтън, петдесет и двегодишният Ръдърфорд, изобщо не приличал на интелектуалец. Но външният му вид мамел: това бил най-изтънченият експериментатор на своето време. Той пръв установява съществуването на атомно ядро през лятото на 1912 г., когато работи в Манчестър, осем години преди да се премести в Кеймбридж, където става приемник на Дж.Дж.Томсън като директор на Кавендишката лаборатория. Малко след това той прави дръзкото предположение, че атомните ядра са съставени не само от протони, но също от неустановени още частици с приблизително същата маса, но без електричен товар.

В Кавендиш Дирак се запознава с две от “момчетата” на Ръдърфорд, които по-късно ще станат негови най-близки приятели – англичанина Патрик Блакет и руснака Пьотр Капица. И двамата имали инженерна подготовка, но личностите им се различавали твърде много, възплавайки двете крайности, които Дирак харесвал най-много: стеснителни интроверти, подобни на него (Блакет), и буйни екстроверти (Капица). По различни начини тези двама мъже ще окажат силно влияние върху Дирак, ще го измъкнат от черупката му на ранните години в Кеймбридж, ще го държат информиран за експерименталните работи и ще го запознаят с десетки нови хора, с които той иначе не би се запознал, и накрая ще го въведат в една област, от която той по-рано изобщо не се интересувал – политиката.

Пръв идва в Кеймбридж Блакет, през януари 1919 г., направо от бойните действия на военния флот. Капица пристига в Обединеното Кралство през 1921 г. В края на 1919 г. от скарлатина умират двете му деца, баща му и съпругата му. “Приличаше на печален руски принц – затворен и меланхоличен” – казва един от колегите му в колежа *Тринити*. През лятото на 1921 г., след първоначален отказ, Капица убеждава Ръдърфорд да го приеме като студент в Кавендиш. Капица боготворел Ръдърфорд заради неговата прямота, заради енергията му и заради неповторимото му умение да изтръгва от природата най-съкровения й секрет. По времето, когато Дирак пристига в Кеймбридж, Капица е една от най-колоритните

фигури на града. Той обича да говори, да удивлява колегите си с фокуси с карти и да разказва забавни истории на своя език “Капицарин” – неповторима смес от руски, френски и английски в приблизително равни части. Всяка година той се връща в Съветския Съюз, за да види семейството си и да консултира програмата за индустриализация, развивана от Сталин. Някои от колегите му смятали, че Капица си играе с огъня и че съветските органи на властта рано или късно ще го задържат. Дирак не споделял тези резерви. Към края на живота си, в носталгична равностметка за ранните дни на приятелството си с Капица, той пише за това колко силно ги е сближавала страстта им за наука и инженерство, макар заедно с това много неща да ги разделяли: Капица обичал литературата и театъра, докато Дирак нямал време за тях, а Капица се отнасял скептично към абстракциите на теоретичната физика, докато за Дирак те са смисълът на всичко. Вероятно Капица е запознал Дирак със съветската идеология, която по-нататък става основна компонента в тяхното приятелство. Към края на 1920-те години подобни увлечения не са много на мода в Кеймбридж, тъй като повечето студенти и преподаватели не се интересуват сериозно от политика. Капица обичал да се сравнява с Дикенсовия г-н Пикуик; сравнението било твърде на място: и двамата със своя завладяващ темперамент основават клуб, чиито членове ги избират за пожизнени председатели. Като създава клуба “Капица” през октомври 1922 г., Капица разтърсва колегиума на аспирантите от техния летаргичен сън и ги привлича като участници в седмичния семинар по актуални въпроси на физиката. Семинарът обикновено се събирал в колежа *Тринити*, вторник вечер, след хубава вечеря. Лекторите били доброволци измежду членовете; те разполагали само с тебешир и набързо монтирана черна дъска, трябвало да са готови за всякакви прекъсвания, а медиатор бил Капица, който с остроумието и с бързите си реакции приличал на съвременен водещ в телевизионни състезания. Според правилата на клуба един студент можел да стане негов член, само ако изнесе доклад, а членството му се прекратявало, ако отсъства от няколко събирания.

Скоро след пристигането си в Кеймбридж Дирак започва да посещава клуба “Капица”, като също се включва в по-рядко събирация се, но с по-силен теоретичен уклон клуб “Набла квадрат”. В този клуб семинарите са по програма, той се посещава от преподаватели и студенти. Ръдърфорд рядко присъствал на семинарите на този клуб и говорел за тях с насмешка: “теоретиците си играят с техните символи, а ние в Кавендиш изваждаме на бял свят истинските факти на природата”.

След пристигането си в Кеймбридж Дирак разбира, че щом иска да прави истински фундаментални изследвания, той ще трябва да навакса някои неща. Бристолският университет му е дал отлична инженерна подготовка и дълбоки познания по математика, но в образованието му има няколко празнини. Най-сериозната от тях е непознаването на обединената теория на електричеството и магнетизма, създадена преди петдесет години от Джеймс Кларк Максвел.

Тази теория, наред с Дарвиновата теория на еволюцията, е най-значителното научно постижение на Викторианската ера и по отношение на електричеството и магнетизма е направила онова, което Айнщайновата обща теория на относителността по-късно е направила за гравитацията. Със само малко изчисления уравненията на Максвел могат да обяснят резултатите на всеки един експеримент по електричество, магнетизъм и светлина. Когато научава тези уравнения, Дирак разбира защо идеята на Айнщайн за светлинните кванти е била приета с такова недоверие: квантите противоречат на утвърдения възглед, че светлината е съставена от вълни, а не от частици. Обаче, девет месеца преди Дирак да постъпи в Кеймбридж, от Чикаго пристига новината, че Айнщайн все пак трябва да е прав: американският експериментатор Артър Комптън беше установил, че при някои обстоятелства електромагнитното лъчение може да се държи не като вълни, а като дискретни частици. Той беше наблюдавал разсейване на рентгенови лъчи от свободни електрони и беше показал, че измерванията му могат да се обяснят, само ако разсейването се разглежда като сблъсъци на двойки частици – подобно на удари на билиардни топки – точно както Айнщайн беше приел, че лъчението и електроните се държат като частици. Необременен от традицията на вълновата представа за светлината, Дирак е един от малцината, които вярват в резултатите на Айнщайн и Комптън.

Един от учените, които отхвърлят новата фотонна теория на светлината като безсмислена, е датският теоретик Нилс Бор. През 1913 г. той създава своя модел на атома, съгласно който електроните се движат по орбити около ядрото. Макар да обяснява излъчването на атомите в съответствие с електромагнетизма, тази теория заедно с това е абсурдна от гледна точка на теорията на Максвел: кръжащите електрони трябва непрекъснато да излъчват и накрая да паднат върху ядрото. За да не става това, Бор допуска, че движещите се по орбити електрони не излъчват, т.е. че на субатомно равнище теорията на Максвел не е валидна.

Както Айнщайн ще отбележи в своите *Автобиографични бележки*, теорията на Бор е образец за висша музикалност в областта на мисълта. Но никой не можел да разбере връзката на Боровия атом с великите “класически” теории на Нютон и Максвел. Основният въпрос бил: по какъв начин теорията на много малкото се съгласува с теорията на сравнително голямото? За да отговори, Бор предлага т.нар. принцип на съответствието: квантовото описание на една частица става толкова по-близко до класическото, колкото квантовото число на частицата става по-голямо.

На Дирак този принцип изглеждал твърде неясен. Предпочитал теоретичните твърдения да бъдат формулирани във вид на уравнения с еднозначно и ясно значение, а не като словосъчетания, които неминуемо са обречени на философски дискусии. Все пак той бил впечатлен от факта, че Бор за пръв път формулира теория за това, което става вътре в атомите. Самият Бор ясно разбирал недостатъ-

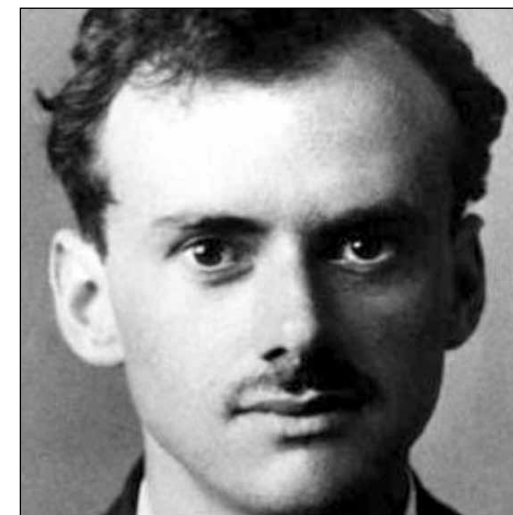
ците на своята теория. Важно било да се разбере дали нейното развитие ще стане с промяната само на някои щрихи в нея или ще е нужен радикално нов подход.

Наред с теорията на Бор на съботните семинари, ръководени от математика Хенри Бейкър, Дирак се запознава с клона на математиката, известен като Грасманова алгебра, наподобяваща кватернионите на Хамилтън. Бейкър бил страстен привърженик на древногръцката култура с нейната любов към красотата и гледал на красотата като на основен стимул за научно изследване. Вероятно това е подтикнало Дирак в свой доклад пред един от семинарите на Бейкър да подчертае естетическата привлекателност на Айнщайновата теория на гравитацията. Това е първият известен случай, когато Дирак споменава за “красота” на една теория. В колежа *Тринити* философските идеи за красотата (Платон, Кант, Мур) увличали математика Г. Харди, а също Ръдърфорд и Капица; според последния експерименталната физика не е просто “работа”, а “естетическа забава”⁴.

Дирак не се интересувал от философия, но усещането за красота, което пораждали у него теории като Айнщайновата теория на гравитацията и теорията на Максвел за електромагнетизма дълбоко го вълнувало. Красотата на една фундаментална теория във физиката има няколко общи черти с едно велико произведение на изкуството: фундаментална простота, неизбежност, мощ и мащабност. Айнщайновата обща теория на относителността, например, търси обяснение за цялата материя във вселената, за всички времена, а е построена върху само няколко прости принципа и нито един от тях не може да бъде помръднат, без да се срине цялата теория.

Глава 6

В началото на март 1925 Дирак получава от семейството си тъжно съобщение: неговият брат Феликс е намерен мъртъв в покрайнините на едно село. Не е оставил никакво предсмъртно писмо и не е носел никакви документи. Хората, които го намерили, предположили, че се е самоубил, защото близо до него намерили шишенце с остатък от отрова – калиев цианид. Причините за самоубийството остават неизяснени. Може да се предполага, че Феликс е изпитвал силна депресия, свързана донякъде с липсата на перспектива в кариерата му на машинен инженер и с нарушените семейни връзки – особено с брат му Пол. Последният обаче не е оставил никакво



Пол Дирак, 1925 г.

свидетелство за чувствата, породени от самоубийството на Феликс. Смята се даже, че Дирак не е споделил с никого в Кеймбридж за семейното нещастие.

По същото време той се заема с неизяснения въпрос за черното лъчение, което беше довело Планк до идеята за квантите на енергията. Дирак проучва дръзката идея на един 26-годишен френски учен Луи дьо Бройл, развита в неговата докторска дисертация. Дьо Бройл прилага специалната относителност, за да демонстрира с изумителна смелост и оригиналност, че с всяка субатомна частица, включително и електроните, е свързана някаква вълна, чиято природа предстои да се изясни. Дирак е закърмен с разбирането, че електронът е частица, която например в атома обикаля по орбита около ядрото, така че схващането на Дьо Бройл за вълноподобен електрон му изглеждаше като математическа фантазия без връзка с физиката. Той прави няколко предварителни изчисления, но ги изоставя, защото решава, че не е направил нищо, достойно за публикуване. Но скоро ще се върне отново към тази тема.

В началото на май, само два месеца след смъртта на Феликс, Дирак е в очакване на посещението на Нилс Бор, смятан от всички за водещ авторитет в атомната физика (той беше получил Нобеловата награда за физика преди две години). На възраст близо 40 години, висок, харизматичен и добронамерен, със забележимо спортна осанка, останала му от времето, когато насмалко да стане вратар на датския национален футболен отбор за Олимпиада 1908, той беше забележителна личност в кръговете на физиците. Непрестанно палеше любимата си лула – подобно на своя приятел Ръдърфорд, с когото бяха работили заедно в Манчестер през пролетта на 1912 г. Това беше необяснимо приятелство: и двамата имаха дълбоко интуитивно мислене, и двамата нямаха търпение да слушат математически разсъждения, но изразните им средства бяха съвсем различни: Ръдърфорд говореше без заобикалки и често пъти речникът му можеше да накара хамалите от пристанището да се изчервят, докато Бор беше прочут с мънкането си, винаги учтив и стремящ се да убеди слушателя; но думите му си заслужаваха да бъдат чути и публиката го слушаше със затаен дъх.

В лекцията си *Проблеми на квантовата теория* (повторена след три дена и пред клуба на Капица) той споделя своята неудовлетвореност от съвременното състояние на квантовата теория и особено от необходимостта светлината да бъде разглеждана в едни случаи като частици, а в други – като вълни. Бор споменава, че възлага големи надежди на многообещаващия млад немски физик Вернер Хайзенберг, който работи в Гьотинген, но скоро ще посети Кеймбридж. Хайзенберг е твърде различен от Дирак: с широка култура, общителен и разговорчив, той на чаша бира обича да казва, че “физиката е забавна”, с което сигурно би скандализирил нейните основатели.

На 28 юли Хайзенберг говори пред клуба на Капица; това е първото му представяне в Кеймбридж. Не е известно дали Дирак е присъствал. Някои от присъстващите по-късно смътно си спомнят, че той е говорил за излъчване и поглъщане на светлина от атомите и че накрая е споменал за своя статия, в която е предложен

нов подход към атомната физика. Но хората в Кеймбридж, а дори и самият Хайзенберг, едва ли са разбирали, че са участници в нещо, което ще влезе в историята.

В ранния септември на 1925 г. Дирак получава пощенска пратка, която ще промени живота му. Подател е Фаулър, а вътре са петнайсет страници коректури на статия от Хайзенберг. Написана на немски, статията съдържа първите проблясъци от един съвършено нов подход към разбирането за атомите. Вместо да запази статията за своя употреба, Фаулър я препраща на Дирак с бележка на първата страница: “Какво смяташ за това? Ще се радвам да разбера”.

Статията, сложна и с много специална терминология, едва ли е била лесно четиво за Дирак, чиито гимназиални познания на немския език били твърде скромни. Той обаче бързо разбрал, че това не е поредното упражнение по математика на квантовата теория. Теорията на Бор използва величини като положение на електрони и време за обиколка по орбита, а Хайзенберг смята, че това не е вярно, тъй като никой експериментатор не би могъл да измери тези величини. Това се посочва още в първото изречение на резюмето: “Цел на настоящата статия е да се установи такава основа на теоретичната квантова механика, в която връзките между всички величини да бъдат наблюдаеми. Хайзенберг разбирал колко трудно е да се осъществи такава цел. Затова той предприема нещо по-просто: опитва да създаде теория на електрон, движещ се не в трите измерения на обикновеното пространство, а само в *едно* измерение, т.е. по права линия. Ако тази теория се окаже вярна, тя би могла да се разшири до по-реалистичен вариант, който да е приложим към атомите.

С поразителна дързост Хайзенберг отхвърля допускането, че електронът се движи по орбита около ядрото, и заменя това допускане с чисто математическо описание на електрона. На Дирак този подход се вижда твърде сложен и изкуствен, така че той слага статията настрана с убеждението, че “не представлява интерес”. Обаче десет дена по-късно той се връща към нея и е поразен от една бележка, направена мимоходом някъде към средата на текста. Хайзенберг отбелязва, че някои от величините в теорията имат особено свойство: техните произведения не са комутативни (той демонстрира това с величините, представящи положението и импулса на материално тяло). Оказва се, че последователността на множителите е от решаващо значение. Самият Хайзенберг не търси обяснение на това наблюдение, но Дирак вижда в подобно странно поведение на някои величини ключа на един нов подход към квантовата физика. Този извод толкова го развълнувал, че той нарушил правилото си да не говори на родителите си за своята работа и опитал да им обясни какво е това некомутиративност. Повече обаче не опитвал.

За разлика от Хайзенберг, който никога по-рано не срещал некомутиращи величини, Дирак ги познавал добре – от кватернионите, от Грасмановата алгебра и от проективната геометрия. Затова той е приятно възбуден от появата им в теорията, макар отначало да не разбира нито тяхното значение, нито как да развие

идеите на Хайзенберг. Онова, което Дирак веднага забелязва, е, че Хайзенберг не строи теорията си в съответствие със специалната относителност. Затова веднага се залавя с любимата си игра: опитва да построи такава версия на Хайзенберговата теория, която да се съгласува с относителността. Но скоро се отказва. Докато се готви за завръщане в Кеймбридж, той търси ключалката, т.е. начина, по който да интерпретира некомутиращите величини, начина за свързването им с експериментално наблюдаемата реалност.

Без знанието на Дирак и друг човек споделял неговото вълнение относно тази теория – това бил Айнщайн, който писал на свой приятел: “Хайзенберг е снесъл едно голямо квантово яйце”.

През октомври започва последната година от аспирантурата на Дирак. Скоро след като семестърът е започнал, по време на една от редовните неделни разходки в околностите на града, Дирак стига до своето първо голямо прозрение. Макар да опитва да освободи ума си от мисли за работата, некомутиращите величини не му дават спокойствие: ако AB е различно от BA , то какъв е смисълът на разликата $AB - BA$? Изневиделица му хрумва, че е срещал особен математически израз, известен като Поасонова скоба, който като че ли също изглежда като $AB - BA$. Спомня си смътно за подобен израз, но знае, че той по някакъв начин е свързан с метода на Хамилтън за описване на движението. Идва му наум, че скобата би могла да е търсената връзка между новата квантова теория и класическата теория на атома – връзката между некомутиращите величини в Хайзенберговата теория и обичайните числови величини в класическата теория.

Бързо се връща вкъщи и търси някакъв текст, с който да си опресни знанията за скобата на Поасон. Но такъв не се намира. А библиотеките са затворени.

В понеделник рано сутринта вече държи в ръцете си библиотечния том от Едмънд Уитакър *Трактат по аналитична динамика*. Точно така, това е скобата, която френският математик Симеон-Денис Поасон открива преди едно столетие. На Дирак са нужни няколко седмици на непрекъснат труд, за да формулира математическата основа на квантовата теория по аналогия с класическата теория. Подобно на Хайзенберг, той е убеден, че нагледните образи за най-малките частици на материята по-скоро са подвеждащи. Тези частици не могат нито да се онагледяват, нито да се описват с помощта на величини, които имат поведението на обикновени числа. Трябва да се използват абстрактни математически величини, които *съответстват* на познатите класически величини: именно тези съотношения описва Дирак, а не частиците, които те характеризират. От аналогията с Поасоновата скоба, заедно с принципа на съответствието, Дирак стига до фундаменталното уравнение, свързващо символите, представящи положението и импулса на една частица:

символ на положението x символ на импулса – символ на импулса x символ на положението $= i\hbar/2\pi$ ($\hbar$ е Планковата константа, i – имагинерната единица).

Най-мистериозната част на това уравнение е лявата му страна, в която символите представят чисто математически обекти, а не измерими физически величини. Едва след определени математически манипулации езикът на символите ни води до числа, които могат да бъдат експериментално измерени. Чак тогава може да бъде преценена истинската стойност на теорията. Наред с това теорията трябва да обясни най-важните наблюдения над атомите. С няколко реда изчисления Дирак показва, че енергията на електроните в атома се запазва и че при преминаването на електрон от едно енергетично ниво на друго, той излъчва квант светлина, чиято енергия е равна на разликата между двете нива. Теорията на Дирак не само възпроизвежда успехите на Боровата теория, но заедно с това се справя с нейни основни затруднения.

В началото на ноември Дирак подготвя статия с амбициозното заглавие “*Основните уравнения на квантовата механика*.” Но, колкото и предизвикателно да се привлича вниманието на читателя, колкото и впечатлени да са колегите на Дирак в Кеймбридж, за Ръдърфорд и неговите момчета истинската сензация на есента е откритието на двама холандци, че електронът има спин. За тях образът на въртящия се електрон бързо се вписал в Боровата картина на атома. Но за много от водещите теоретици идеята за електрон със спин първоначално изглеждала направо нелепа.⁵

Статията на Дирак създава впечатлението, че е писана от зрял математик и физик. Един от хората, които не са чували за Дирак преди това, е шефът на Хайзенберг в Гьотинген – Макс Борн. В спомените си той казва, че първото запознанство с Дираковата статия върху квантовата механика е било “една от най-големите изненади в живота ми[...] личеше си, че авторът е младеж, но въпреки това всичко беше идеално и по свой начин възхитително”. Заедно с това от поредицата писма, които Хайзенберг му пише към края на ноември, Дирак разбира каква мощна конкуренция има в лицето на групата теоретици в Гьотинген (Борн, Хайзенберг, Йордан), а също сътрудническия с тях блестящ австрийски теоретик Волфганг Паули. Гьотингенската традиция на тесни връзки между физици теоретици, математици и експериментатори е в рязък контраст с подчертано индивидуалисткия стил на Кеймбридж. Но по нищо не проличава Дирак да е бил смутен от това положение на нещата.

Глава 7

През май 1926 г. в Обединеното кралство избухва Всеобщата стачка, която почти парализира икономиката на страната. Дирак обаче е изцяло погълнат от писането на своята докторска дисертация. Но колкото и уверен да е в своя подход, той знае, че това не е цялата история и че неотдавна се е появила алтернативна версия на квантовата теория. Неин автор е австрийският теоретик Ервин Шрьодингер, който работи в Цюрих. Той е на тридесет и осем години, почти

едно поколение по-възрастен от Хайзенберг и Дирак, и в Европа е известен като блестящ енциклопедист.

Шрьодингер открива своята квантова теория независимо от Хайзенберг и само няколко седмици по-късно, като изхожда от вълновата теория на Дьо Бройл, която Дирак не приема сериозно, въпреки че ѝ се възхищава. По време на Коледа 1925 г., в швейцарските планини и в компанията на загадъчна дама, Шрьодингер открива уравнение, което описва поведението на квантите на веществото посредством свързаните с него вълни; после прилага тази теория в серия от блестящи статии.

Огромното достойнство на Шрьодингеровата теория е, че с нея лесно се работи. За повечето физици, смутени от абстрактната математика на Хайзенберговия подход, теорията на Шрьодингер е истински подарък: тя е основана върху уравнение, което много наподобява добре познатите им от студентските години уравнения, описващи звукови вълни и вълни в течности. А още повече в тази теория човек може да онагледява, поне до някаква степен, нещата, които стават в атома. Грубо казано, енергетичните нива на един атом съответстват на стоящите вълни по въже, закрепено в единия край и разклащано нагоре-надолу в другия. Различният брой стоящи вълни по дължината на въжето съответства на различна енергия на въжето; по същия начин всяка Шрьодингера вълна на атома съответства на определено атомно енергетично ниво. Макар физическата природа на тези вълни да не е ясна, за мнозина те са интуитивно по-привлекателни от Хайзенберговите матрици. Още повече, че Шрьодингер дава предварително доказателство (по-късно потвърдено строго), че неговата теория дава същите резултати като тази на Хайзенберг.

Макар между двамата автори на конкурентни теории, Хайзенберг и Шрьодингер, да започва остър, стигащ до язвителност, диспут, все пак Хайзенберг е този, който през май пише на Дирак да се отнесе сериозно към теорията на Шрьодингер. Но Дирак пренебрегва теорията на Шрьодингер в своята докторска дисертация – първата дисертация на тема “Квантова механика”. А през юни 1926 г. Комисията по научните степени към Математическия факултет в тържествена обстановка му присъжда докторска степен.

През юли Дирак вече разполага с жилищно помещение в колежа и може спокойно да работи по време на лятната ваканция, която се оказва твърде продуктивна. Той разбира, че грешно е подценявал работата на Шрьодингер. След това показва как уравнението на Шрьодингер може да се обобщи за случаите на променливи с времето външни условия – например атом в променливо магнитно поле. Съвсем независимо Шрьодингер извежда същото обобщено уравнение, което днес е известно – не съвсем коректно – само с неговото име.

Само за няколко седмици, наред с овладяването на Шрьодингеровото уравнение, Дирак прави един от своите най-значителни научни приноси. Той е свързан с т.нар. фундаментални частици, които са основни съставлящи на всичко материално. В днешно време два установени експериментални факта образуват дълбоката основа на фундаменталните частици. Първият е, че за всеки вид фундаментална

частица всяка една частица във вселената е една и съща и тъждествена на всички останали частици от този тип – всеки електрон във всеки атом тук на Земята е неразличим от кой да е друг електрон в галактики, отдалечени на милиони светлинни години, точно както фотоните, излъчвани всяка секунда от една светлинна крушка, са същите като фотоните, изпускани от най-далечната звезда. Както за фотоните, така и за електроните, ако сме видели един, ние сме видели всички. Второ, видовете елементарни частици се делят на два класа – точно както почти всички човешки същества могат да се подразделят на жени и мъже. Първият клас се илюстрира от фотона, а вторият от електрона. През 1926 г. никой не е знаел, че съществуват такива два класа. Разликата между поведението на електроните и на фотоните илюстрира разликата между двата класа. Когато са събрани електрони, например в атом, всяко енергетично състояние може да поеме не повече от *два* електрона. Съвсем различно е положението при фотоните: всяко енергетично състояние може да поеме *произволен брой* от тях. Пръв Паули, през 1925 г., обяснява взаимната антипатия на електроните, като формулира своя принцип на забраната. Това обяснява защо електроните в атома не се намират на една и съща орбита с най-ниска енергия: причината е, че просто не им е разрешено да се поместват в едно и също състояние и затова трябва да заемат състояния с все по-висока енергия. Принципет на Паули обяснява на какво се дължи например разликата в свойствата на атомите на неона и натрия, въпреки че разликата между тях е само един електрон. Така че, ако не беше принципът на забраната, светът около нас не би имал огромното разнообразие на форми, структури и цветове. Не би имало, разбира се, и човешки същества, а даже и живот.

В своята стая в колежа Дирак се опитва да разбере защо има силна разлика между вълните, които описват електроните, и тези, които описват фотоните. Действително, при размяната на два електрона вълновата функция променя знака си, докато при размяна на фотоните вълната остава същата. Така стига до проблема за черното лъчение, което поражда квантовата механика, но Планковата формула все още остава загадка. Дирак е намерил инструмента, с който да обясни спектъра на черното лъчение: вълните, описващи фотоните, не се променят, когато кои да са два фотона бъдат разменени. Две страници с пресмятания в бележника на Дирак са довели до финала на едно търсене, което е продължило цели двадесет и пет години.

В края на август Дирак праща изложение на своята теория до Кралското общество. Той има всички основания да бъде доволен от себе си. Но тук го очаква разочарование – отново са го изпреварили с публикуването. В края на октомври, месец след публикуването на статията, Дирак получава кратко писмо от италиански физик, който осем месеца по-рано е публикувал квантова теория на групите от електрони. Това е Енрико Ферми, една година по-възрастен от Дирак. Ферми предполага, че Дирак не е чел статията му и затова завършва с думите: “Бих желал да насоча вниманието Ви към нея”. Но Дирак *е видял* статията на Ферми преди няколко месеца, обаче е сметнал, че не е интересна и е забравил за нея. Макар

двете статии да са твърде различни като подходи, техните изводи за енергиите на групи от електрони са еднакви. По-късно се оказва, че и трети физик е получил същите резултати. В Гьотинген Паскуал Йордан дава ръкопис с такива резултати на своя научен ръководител Макс Борн, който да го прочете по време на пътуването си до САЩ. Борн поставя ръкописа на дъното на куфара си и забравя за него до завръщането си в Германия след няколко месеца. Но било твърде късно. Днес физиката свързва квантовото описание на групи от електрони само с имената на Ферми и Дирак. Йордан несправедливо е изключен.

През септември 1926 г. Дирак се кани да прекара една година в Европа със стипендията на Комисията от 1851 г. По съвета на Фаулър той ще прекара половин година в Копенхаген, в Института по теоретична физика на Бор, и половин година в Гьотинген, при Хайзенберг и неговите колеги.

Бележки на преводача

1. Грѐм Фармело е старши научен сътрудник в Лондонския музей на науката и доцент по физика в Североизточен университет, Бостън, САЩ. Преди това е бил физик теоретик, а сега е международен консултант по научна комуникация. Редактор е на излезлия през 2002 сборник от есета *“Трябва да е красиво: великите уравнения на съвременната наука”*. Живее в Лондон.

2. Джон Стюарт Мил (1806-1873) – английски философ-позитивист, икономист и обществен деец. Според Мил цялото знание произтича от опита, а обект на познанието са нашите усещания. Философските му схващания са изложени в монографията *“Обзор на философията на сър Уилям Хамилтън”* (1865).

3. Оливър Хевисайд (1850-1925) – британски физик. Развил теорията на електромагнитните вълни и електрокомуникацията. Предсказал съществуването на висок атмосферен слой, отразяващ електромагнитните вълни. Развил операционното смятане и векторния анализ.

4. За артистичния подход на Капица към експеримента говори следната легендарна история. В голям английски завод се повредила много скъпа измервателна апаратура. Специалистите не можели да я поправят. Тогава била обявена награда от 10,000 паунда за онзи, който успее да отстрани повредата. Обърнали се към Капица. Той внимателно разгледал детайлите, след което взел един чук и ударил апарата. За изумление на всички присъстващи апаратът заработил. Тогава попитали Капица как да мотивират присъждането на наградата. Отговорът бил: “1 паунд за удар с чук и 9,999 паунда за това, че знаех къде да нанеса удара”.

5. По този повод виж статията *“Непознатият Волфганг Паули”* в “Светът на физиката”, 32, № 3 (2009) с.312.

(Graham Farmelo. **THE STRANGEST MAN** – *The Hidden Life of Paul Dirac, Quantum Genius*. **faber and faber**, London, 2009).
Превод (със съкращения): **М. Бушев**

Бел. ред. Редколегията на сп. “Светът на физиката” благодари на колегата Георги Граховски, който издири и достави в редакцията на списанието книгата на Г. Фармело “Най-странният човек”.

ИНТЕРЕСНИ УЕБ СТРАНИЦИ

Уеб страницата на проекта „Пенлеве“: Едно диференциално уравнение (ДУ) в комплексната равнина може да има различни особености: фиксирани, т.е. с определени от вида на самото ДУ или подвижни, положението на които зависи от (параметрите на) избраното решение. В началото на XX век френският математик Пол Пенлеве показва, че всички ДУ от вида $y' = R(y', y, x)$, за които единствените подвижни особености са полюси, с точност до определени трансформации, са 50 на брой. (Допълнително ограничение е функцията R да е рационална.) От тези уравнения, решенията на 44 могат да се представят помощта на вече познати функции и само шест изискват въвеждането на нови (специални) функции. През изминалия повече от век, тези въведени единствено от математически съображения функции, наричани трансценденти на Пенлеве, намират изненадващо широко приложение. В теорията на разсейване на неутрони от тежки ядра, в теорията на самодуалните полета на Янг-Милс, в теорията на случайните матрици, в асимптотиката на ортогоналните полиноми, само подобни решения на интегрируеми уравнения, в комбинаториката и теорията на вероятностите и по-специално при разпределението на Треиси и Уидом, и даже при определянето на статистиката на нулите на цета функцията на Риман с реална част $\frac{1}{2}$. Тези приложения превръщат шестте трансцендента на Пенлеве в централна тема на съвременната теория на специалните функции и повишават престижа на Пенлеве в научния свят. (По-малко известна част от живота на Пенлеве, доскоро неизвестна на автора на тези редове, е че той е бил на два пъти министър-председател на Франция.) Всичко това мотивира интернационална група учени да създаде „проекта Пенлеве“ с уеб страница, на който всеки може да представи и/или свободно да получи всички известни досега и в бъдеще формули/свойства за функциите на Пенлеве. Страницата се поддържа от Националния институт по стандарти и технологии на САЩ. <http://math.nist.gov/~DLozier/PainleveProject/>

Сложната флуидомеханика на лоченето: Котката ви лочи мляко или вода. Нищо необичайно, нали! Оказва се, че начинът, по който го прави, изисква изключителна бързина и се обляга на сложна флуидомеханика. За нас хората не е проблем да пием течности, защото можем да затворим устатата си напълно и да създадем ефект на всмукване. Повечето хищници обаче не могат и поради това извършват следното: потапят езика си закривен по особен начин, така че върхът му да докосне млякото, последвано от рязко издърпване с голяма скорост. Това предизвиква издигане нагоре на струя течност. Точно в момента, когато гравитацията „надделява“ и струята започва да пада обратно, котката светкавично „захапва“ и глътва млякото. Котките лочат със скорост четири пъти в секунда, прекалено бързо за да забележим каквито и да са детайли без високоскоростна камера. Филмирано с такава камера лочене на различни представители на семейството

котки (гепард, рис, лъв, лъвица, тигър, ягуар и леопард) може да видите на страницата на съпровождащия материал към статията в списание „Science“ на учени от MIT и Virginia Tech. В статията с помощтаааа на методи на подобие е направен анализ на явлението и е установена връзка между телесната маса на животните и честотата на лочене. <http://www.sciencemag.org/content/330/6008/1231/suppl/DC1>

Прецизна интегрална оптика в близката инфрачервена област: Нова технология в тази област е тествана за пръв път през октомври 2010 г. в Европейската южна обсерватория, Сери Паранал, Чили. Целта е да се комбинират с изключителна прецизност образите на четирите големи, 8.2 метрови, телескопа и четирите допълнителни и подвижни 1.8 метрови телескопа. Това би позволило цялата система да заработи като интерферометер, телескоп с ефективен размер от 100 метра. Подробности за технологията и снимки на оптичния чип (с размер по-малък от банкова карта) могат да се видят на уеб страницата на проекта PIONIER. Първите астрономически снимки се очакват до края на настоящата година.

<http://www-laog.obs.ujf-grenoble.fr/twiki/bin/view/Ipag/Projets/Pionier/WebHome>

Подготвил страницата: **Олег Йорданов**

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 10 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
- Съюз на Физиките в България, Физически факултет, СУ “Св. Климент Охридски”: София 1164, бул. “Джеймс Баучър” 5, Невенка Веселинова, GSM: 0885 812 473, e-mail: sofiiski_klon@abv.bg или Снежана Йорданова, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg

Благоевград

ЮЗУ „Неофит Рилски”, ул. „Иван Михайлов” № 66

Варна

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

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

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

Нашиите автори:

Д. Динев – ст.н.с. д-р, ИЯИЯЕ – БАН

Н. Балабанов – проф. дфн., ПУ „Паисий Хилендарски”

Н. Вучков – ст.н.с. I ст., дфн, ИФТТ – БАН

Г. Фармело – проф., Northeastern University, US.

Ф. Уилчек – проф., д-р, Масачузетски технологичен институт

В книжка 2/2011 г. на “Светът на физиката” четете:

М. Дубинин, А. Никитенко – Бозоните на Хигс и обединяването на взаимодействията

Ю. Александров, Я. Тарасов – Относно възможността за трета революция в астрономията

О. Максименко – Огледалната материя

С. Кара-Мурза – Социалните функции на науката в условия на криза

А. Зевайл – Как да управляваме правенето на научни открития?

П. Фройнд – Страст към откривателство

Б. Обама – Из „Обръщение пред 112 Конгрес на САЩ: за науката и образованието”

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 1'2011

СЪДЪРЖАНИЕ

НАУКАТА

– Д. Динев – Десетте най-важни постижения във физиката за 2010 според Physics World
– Д. Динев – Гигантските морски вълни-убийци: факти и хипотези

ИСТОРИЯ

– Н. Балабанов – Живот, отдаден на науката и завършил със „завидна смърт”
– М. Замфиров, Н. Вучков – Нека бъде монохроматична, кохерентна и насочена светлина

ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

– Фр. Дайсън – Птици и жаби

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– М. Бюканан – В търсене на черните лебеди

ФИЗИКА И ОБЩЕСТВО

– Д. Динев – Българската академия на науките – to be or not to be
– Фр. Уилчек – Дълбока простота

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

– GAS – въведение във физиката на ускорителите в България

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

– Симпозиум
– XXXIX Национална конференция

КНИГОПИС

– Н. Ахабабян – Апокалипсис – когато му дойде времето...
– Ст. Язаджиев – Отзив за учебника „Квантова механика” с автори М. Матеев и А. Донков

IN MEMORIAM

– Проф. Дончо Захариев Стайнов (1935-2010)

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

– Гр. Фармело – Най-странният човек

ИНТЕРЕСНО

– О. Йорданов – Интересни web-страници

THE WORLD OF PHYSICS 1'2011

CONTENTS

THE SCIENCE

– D. Dinev – The ten most important achievements in Physics for 2010 according to Physics World.....1
– D. Dinev – The giant sea killer waves: facts and hypotheses12

HISTORY

– N. Balabanov – Life dedicated to the science and ended with an “enviable death”22
– M. Zamfirov, N. Vuchkov – Let there be intense monochromatic beam of coherent light.....32

PHYSICS AND MATHEMATICS

– Fr. Dyson – Birds and frogs42

SCIENCE AND SOCIETY

– M. Buchanan – In search of the black swans.....63

PHYSICS AND SOCIETY

– D. Dinev – The Bulgarian academy of sciences – to be or not to be.....71
– Fr. Wilchek – Deep simplicity80

PHYSICS AND

– GAS – Introduction to Accelerator Physics in Bulgaria85

SCIENTIFIC LIFE

– Symposium87
– XXXIX National conference88

BIBLIOGRAPHY

– N. Ahababyan – Apocalypse – when its time come.....89
– St. Yazadzhiev – Review on the textbook “Quantum mechanics” by M. Mateev and A. Donkov.....93

IN MEMORIAM

– Prof. Doncho Zahariev Staynov (1935-2010).....94

SERIAL

– Gr. Farmelo – The strangest man100

INTERESTING

– O. Yordanov – Interesting web-pages.....127

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

том XXXIV, кн. 1, 2011 г.

Издание на Съюза на физиците в България

http://old.inrne.bas.bg/wop/wop_1_2011/

(със спомоществователството на Българска академия на науките)

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Нъшан Ахабабян <ahabab@inrne.bas.bg>

ЗАМЕСТИНИК ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Михаил Бушев <m_bushev@abv.bg>

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Милен Замфиров <worldofphysics@abv.bg>

ЧЛЕНОВЕ

Валери Голев <valgol@phys.uni-sofia.bg>

Георги Граховски <grah@inrne.bas.bg>

Динко Динев <dinnet@inrne.bas.bg>

Людмил Вацкичев <Lyuvats@phys.uni-sofia.bg>

Никола Балабанов <Balaban@pu.acad.bg>

Олег Йорданов <oleg.yordanov@gmail.com>

Светослав Рашев <rashev@issp.bas.bg>

Ганка Камишева <gkamish@issp.bas.bg>

ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР

Снежана Йорданова <upb@phys.uni-sofia.bg>

ВОДЕЩ БРОЯ: Людмил Вацкичев

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

1164 София,
Бул. Джеймс Баучер № 5

☎ 862 76 60
e-mail: worldofphysics@abv.bg

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Nashan Ahababjan

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Michael Bushev

EXECUTIVE SECRETARY

Milen Zamfirov

MEMBERS

Valeri Golev

Georgi Grahovski

Dinko Dinev

Liudmil Vatzkichev

Nicola Balabanov

Oleg Yordanov

Svetoslav Rashev

Ganka Kamisheva

TECHNICAL SECRETARY

Snejana Iordanova

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,
1164 Sofia

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева

Дадена за печат на 21 март 2011 г.

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

бул. Цариградско шосе 72

ISSN: 0861-4210