

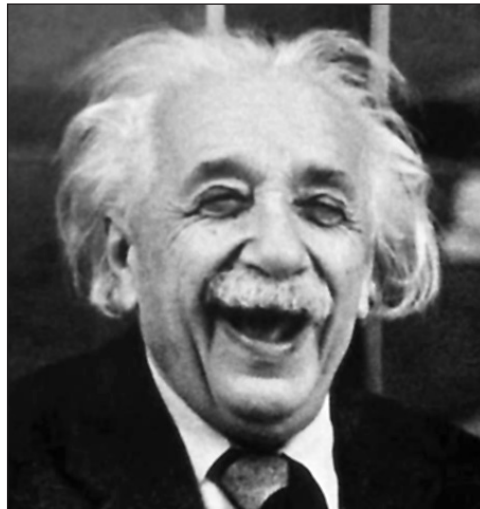
ФОРМУЛАТА НА АЙНЩАЙН: $E_0 = mc^2$ „Не ни ли се надсмива Господ Бог”?

Л. Б. Окун

Продължение от кн. 1/2013 г.

11. Годиците 1938–1948. Атомната бомба

1938 г. През 1938 г. излиза знаменитата научнопопулярна книга на Айнщайн и неговия млад сътрудник Леополд Инфелд *Еволюция на физиката*. В нея авторите нееднократно се връщат към въпроса за масата. Отначало в Гл. I. „Разцвет на механистическия възглед”, в раздела „Още една нишка” те въвеждат понятията за инертна и тежка маса и говорят за тяхното равенство като пътеводна нишка към общата теория на относителността. В Гл. III. „Поле и относителност”, в раздела „Относителност и механика” те въвеждат понятието маса на покой: „Тяло в покой има определена маса, т.нар. *маса на покой*”. По-нататък те пишат: „Излъчването, изпускано от Слънцето и преминаващо през пространството, съдържа енергия и затова има и маса”. И още: „Според теорията на относителността няма съществено различие между масата и енергията. Енергията има маса, а масата представлява по себе си енергия. Вместо два закона за запазване сега имаме един: закон за запазване на масата-енергия. Този нов възглед се оказа много плодотворен за по-нататъшното развитие на физиката”. Изглежда, това твърдение е адекватен словесен израз на формулата $E = mc^2$ и не се съгласува с формулата $E_0 = mc^2$.



В същата глава в раздела „Общата теория на относителността и нейната експериментална проверка” се разказва за това, че елиптичната орбита на Меркурий прецесира, извършвайки пълна обиколка около Слънцето за три милиона години. Тази прецесия на перихелия на Меркурий е обусловена от релативистичните свойства на гравитационното поле. В следващия раздел се казва: „Ние имаме две реалности: *вещество и поле*... Но делението на вещество и поле след признаване на еквивалентността между маса и енергия е нещо изкуствено и без ясно определение. Не можем ли да се откажем от понятието за вещество и да построим чиста физика на полето?”.

Създаването на квантовата електродинамика в границите на 1940–1950 г., а след това и квантово-полевата теория на електрослабото и силното взаимодействие, както и различните модели на т.нар. Велико обединение на всички взаимодействащи частици,

може да се разглежда като реализация на мечтата на Айнщайн за единна теория на полето. Но в основата на всички тези теории лежи не само теорията на относителността, но и квантовата механика, чиято вероятностна интерпретация Айнщайн не приема, твърдейки, че „Бог не играе на зарове”. Именно благодарение на квантовата механика понятията материя и вещество не са изгонени от тези теории, а обратно, стават тяхна основа. Това особено ярко се проявява на езика на файнмановите диаграми, в които реалните частици (в това число и фотоните) представляват вещество, а виртуалните – силови полета.

Последната Гл. IV. „Кванти” е посветена на разказа за квантовата механика. В раздела „Кванти на светлината” се говори, че светлината се състои от зърна енергия – светлинните кванти – фотоните. В раздела „Вълни на материята” се подчертава сходството в съчетанието на корпускулярни и вълнови свойства на фотоните и електроните: „Един от най-фундаменталните въпроси, поставен от съвременните успехи на науката, е въпросът за съгласуването на двата противоположни възгледа за веществото и вълните”. Авторите се намират на крачка да признаят фотона като такава частица на веществото, каквато е и електронът. Но в края на книгата те пишат:

„Веществото притежава зърнеста структура; състои се от елементарни частици – елементарните кванти на веществото. Зърнеста структура притежава и електричният товар и, което е най-важно от гледна точка на квантовата теория, зърнеста структура има и енергията. Фотоните – това са квантите на енергия, от които се състои светлината”.

По такъв начин авторите отъждествяват светлината с енергията и я противопоставят на материята. В това отъждествяване и противопоставяне не е ли заключен един от корените на объркването между енергия и маса?

1939 г. На 2 август 1939 г. по инициатива на Лео Сцилард Айнщайн пише знаменитото си писмо до президента Ф. Д. Рузвелт, предупреждавайки го, че „елементът уран може да бъде превърнат в нов важен източник на енергия”.

1941 г. Ландау и Лифшиц. През 1941 г. излиза от печат първото руско издание на книгата на Ландау и Лифшиц *Теория на полето*. В нея всички закони за запазване са последователно получени като свойства на симетрия на пространство-времето в съответствие на теоремата на Ньотер. В §10 „Енергия и импулс”, който в следващите издания става §9, е въведен 4-векторът на енергия-импулса и неговият квадрат, равен на квадрата на масата, като е обсъдена енергията на покой, въпреки че означението E_0 за нея не е въведено. За неадитивността на масата в теорията на относителността е споменато като за нейното незапазване. Но Айнщайн едва ли е чел руския учебник. Не го забелязва и в английския му превод през 1951 г.

1942 г. През тази година излиза книгата на П. Г. Бергман с предговор от Айнщайн, в който, в частност, се казва:

„Тази книга дава не само изчерпателна, систематична и логична пълна представа за теорията на относителността, но в нея достатъчно пълно са представени и експерименталните ѝ основания... Значителни усилия бяха употребени, за да стане тази

книга логически и педагогически удовлетворителна. Д-р Бергман проведе с мен много часове, посветени на тази цел”.

В Гл. VI четем:

„Релативистичната кинетична енергия е:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-u^2/c^2}} + E_0,$$

където E_0 е константата на интегриране...

$$T = mc^2 \left[\left(1 - \frac{u^2}{c^2} \right)^{-1/2} - 1 \right].$$

Величината mc^2 се нарича „енергия на покой” на частицата, а T е нейната „релативистична кинетична енергия”.

За мен е неясно защо е трябвало константата на интегриране C да се означава с буквата E_0 . Не разбирам също защо „релативистичната кинетична енергия” се налага да се означава с две различни букви E и T . Може би е допусната печатна грешка и във формулата не е кинетичната, а пълната енергия? Веднага след това следва текстът:

„Връзка между енергията и масата. Величината μ , изразяваща зависимостта на импулса от масата, често се нарича „релативистична маса” на частицата, а m съответно „маса на покой”. Релативистката маса е равна на пълната енергия, делена на c^2 ; докато масата на покой е c^2 пъти по-малка от енергията на покой. По такъв начин в теорията на относителността съществува тясна връзка между масата и енергията, която няма аналог в класическата физика”.

Виждаме, че по такъв начин адитивната константа в израза за енергията и зависимостта на масата от скоростта са запазени в тази книга. В нея остава и неяснотата, какво трябва да наричаме релативистична кинетична енергия, която е въведена в работата. Изглежда, всичко това, както и използването на термина „релативистична маса” в известна степен отразява възгледа на Айнщайн.

1945 г. На 6 август 1945 г. е хвърлена атомната бомба над Хирошима, а на 9 август – над Нагасаки.

През септември същата година английското списание *Дискавъри* публикува фотография за първото изпитание на атомен взрив от 16 юли 1945 г. и две статии: „Прогресът на науката” и „Наука, довела до атомната бомба”. Във втората от тях в хронологията на атомните открития се споменава: “1905 – Специалната теория на относителността на Айнщайн показва еквивалентността между маса и енергия”. Обаче между 25 портрета на учени – от Бекерел до Опенхаймер, портретът на Айнщайн липсва.

През септември 1945 г. излиза книгата на Г. Д. Смит *Атомната енергия за военни цели*. Във въведението, в раздела „Запазване на масата и енергията”, се казва:

„1.2. Съществуват два принципа, станали крайъгълни в зданието на съвременната физика. Първият принцип е: материята не се създава и не се унищожава, а само преминава от един вид в друг; той е изказан през XVIII век и е познат на всеки, изучаващ

химията, като закон за запазване на масата. Вторият принцип – енергията не се създава или унищожава, а само преминава от един вид в друг – е известен като закон за запазване на енергията.

1.3. ... но в действителност тези два принципа представляват два аспекта на единен принцип, тъй като сме убедени, че веществото може понякога да се превръща в енергия, а енергията – във вещество”.

В раздела „Еквивалентност между маса и енергия” се казва:

„1.4. Един извод, получен на достатъчно ранен стадий в развитието на теорията на относителността, се състои в това, че инертната маса на движещо се тяло се увеличава с нарастване на неговата скорост. Това означава еквивалентност на изменението на енергията при движение на тялото, т.е. неговата кинетична енергия и изменението на неговата маса... Количеството енергия E , еквивалентна на масата m , според Айнщайн, се определя от уравнението:

$$E = mc^2,$$

където c е скоростта на светлината. Това уравнение води до удивителни следствия...”.

В тези откъси заслужава да се обърне внимание на следните твърдения:

1. Отъждествяване на материя (вещество) с маса.

2. Отсъствие на споменаването на закон за запазване на импулса, без който не може да се разбере запазването на масата.

3. Твърдение, че масата се увеличава с нарастване на скоростта.

4. Отсъствие на понятието за енергия на покой и формулата $E_0 = mc^2$.

1946 г. На 1 юли 1946 г. в корицата на ежедневника *Time* се появява портретът на Айнщайн на фона на ядрената гъба, на който е написано $E = mc^2$.

През 1946 г. Айнщайн публикува две статии за еквивалентността между маса и енергия: „Елементарен извод на еквивалентността между маса и енергия” и „ $E = mc^2$ – насъщ проблем на нашето време”.

В първата от тях той частично изменя доказателството от 1905 г.: тялото в покой не излъчва, а поглъща радиацията; използва се законът за запазване не на енергията, а на импулса; използват се не формулите за преобразуване на енергията и импулса, а известният ъгъл на аберация на светлина от звездите, обусловена от движението на Земята: $\alpha = v/c$. В резултат за увеличение на масата на тялото Айнщайн получава: $M' - M = E/c^2$, където E е енергията на погълнатото излъчване. И заключава: „Това съотношение изразява закона за еквивалентност между енергия и маса. Увеличаването на енергията E е свързано с увеличаване на масата с E/c^2 . Понеже енергията се определя с точност до адитивна константа, тя може да бъде избрана така, че $E = mc^2$ ”.

От извода е ясно, че тук E означава енергията на покой на тялото.

Защо енергията на покой на свободно тяло е определена с точност до константа, не се пояснява.

В кратката научнопопулярна статия Айнщайн отначало разказва за закона за запазване на енергията на примера за кинетичната и потенциалната енергия на махало, а след това преминава към запазването на масата: „Масата се определя като противодействие

на тялото на ускорението (инертна маса). Тя се измерва също и с теглото на тялото (тежка маса). Обстоятелството, че две толкова различни определения водят до една и съща стойност на масата, е поразително. Съгласно принципа за запазване (а именно, че масата остава неизменна при всякакви физични или химични превръщания), масата представлява съществена (поради своята неизменност) характеристика на материята. Нагриването, топенето, изпарението, образуването на химически съединения не трябва да изменят пълната маса.

Физиците смятаха този принцип за верен още преди няколко десетилетия. Обаче той се оказва несъстоятелен в лицето на специалната теория на относителността. Затова се сля със закона за запазване на енергията подобно на случилото се около шестдесет години преди това със закона за запазване на механичната енергия, обединен със закона за запазване на топлината. Бихме могли да кажем, че законът за запазване на енергията, погълнал преди това закона за запазване на топлината, включи сега и принципа за запазване на масата и управлява всичко еднолично.

Еквивалентността между маса и енергия е прието да се изразява (макар и не съвсем точно) с формулата $E = mc^2 \dots$. В този откъс заслужава внимание не само това, което Айнщайн разяснява на читателя, но и това, което не разяснява, а именно, че в теорията на относителността мяра за инерцията представлява не масата, а енергията; че не масата, а величината ρc^2 създава и се възприема като гравитационно поле (затова от гледна точка на теорията на относителността няма нищо поразително в равенството между инертната и тежката маса в Нютоновата механика: и двете са равни на E_0/c^2). Така че принципът на запазване на енергията „управлява“ не еднолично, а заедно с принципа за запазване на импулса, че енергията и импулсът заедно определят масата и нейното запазване и/или незапазване и че масата е еквивалентна на енергията на покой.

През 1949 г. са публикувани „Автобиографични бележки“, които Айнщайн започва с думите: „Ето седя тук и в своите 68 години пиша нещо от рода на собствения си некролог“. (Това го пише през 1946–47 г.) В тези бележки той разказва за това, какво е мислил в продължение на много години: „За мен няма съмнение, че нашето мислене протича основно, използвайки символи (думи), при това несъзнателно“.

За създаването на общата теория на относителността той казва:

„Работата е в това, че теорията трябва да обединява в себе си следните неща:

1) от общи съображения на частната теория на относителността беше ясно, че *инертната* маса на физична система при увеличаване на пълната енергия (в частност при увеличаване на кинетичната енергия) трябва да се увеличава;

2) от извънредно фини експерименти (специално от опитите на Йотвьош) беше с голяма точност емпирично известно, че *тежката* маса е точно равна на *инертната* маса“.

При желание тези думи могат да бъдат изтъквани в смисъл, че формулата $E = mc^2$ не само следва от специалната теория на относителността, но представлява и крайъгълен камък на общата теория на относителността.

1948 г. През юни 1948 г. Айнщайн за последен път се изказва за масата. В писмо до Л. Барнет – автор на книгата *“Вселената и д-р Айнщайн”*, той пише:

„Не е добре да се въвежда такова понятие за маса на движещо се тяло,

$M = m / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$, за което не може да се даде ясно определение. По-добре да не се въвежда никакво друго понятие за маса освен „маса на покой” m . Вместо да се въвежда M , по-добре да се приведе изразът за импулс и енергия на движещо се тяло”.

12. 1949 г. Диаграми на Файнман

През 1949 г. Файнман публикува статиите „Теория на позитроните” и „Пространствено-времеви подход в квантовата електродинамика”. Тези статии придадоха на квантовата електродинамика форма, напълно съответстваща на симетриите в света на Минковски. В тези статии е формулиран и разработен методът на Файнмановите диаграми.

Външните линии на диаграмите отговарят на реални частици, намиращи се на масовата повърхност: за тях $p^2 = m^2$, където p е 4-импулсът на частицата, а m – нейната маса. Вътрешните линии отговарят на виртуалните частици, намиращи се извън масовата повърхност: за тях $p^2 = m^2$. Анти-частиците изглеждат като частици, движещи се против (обратно) на времето. Всички частици – масови и безмасови, се описват еднообразно само с тази разлика, че за последните се полага $m = 0$. (Виртуалните фотони с положително p^2 се наричат времеподобни, с отрицателно p^2 – пространствено подобни.)

Разбира се, в основата на метода на диаграмите лежи понятието за инвариантна маса m , независеща от скоростта на частицата.

Файнмановите диаграми радикално опростиха пресмятанията на различните процеси, в които участват елементарните частици. Те обединиха всички видове материи както за реалните, така и за виртуалните частици, заменили силовите полета.

Ф. Дайсън, който по това време работи с Файнман, си спомня: „По това време, когато младите физици в Института за перспективни изследвания в Принстън бяха дълбоко потънали в развиването на квантовата електродинамика, Айнщайн работеше в същото здание и ежедневно минаваше покрай нашите прозорци по пътя към Института и обратно. Той ни веднъж не се отби на нашите семинари и нито веднъж не ни попита какво работим”.

Както е известно, в Института за перспективни изследвания, където работи Айнщайн, над камината беше гравирано неговото знаменито изказване за това, че Господ не е злонамерен. Как сега да не си спомним друго негово изказване: „Може би все пак Господ е злопаменен”.

13. Последни години, 1952–1955

1952 г. През 1952 г. Айнщайн публикува поредното издание на *Специална и обща теория на относителността*, за пръв път публикувана през 1917 г. За това издание той написва специално приложение „Относителността и проблемът за пространството” с цел да „покаже, че на пространството и времето не трябва по необходимост да се приписва разделено съществуване, независимо от действителните обекти на физичната

реалност... Но този път „концепцията за празното пространство” губи смисъл”. Тези думи Айнщайн отнася не само към общата, но и към специалната теория на относителността. Явно понятието за виртуални частици му е чуждо.

1954 г. От предисловието на Айнщайн към книгата на Джамър *Понятието пространство* може да се види какво пречи на Айнщайн да приеме фотона като материален обект: „Що се отнася до понятието пространство, то е предшествано от психологично по-простото понятие за маса. Мястото е преди всичко неголяма част от повърхността на Земята, наричано с тази дума. Предметът е място, което трябва да бъде посочено и представлява “материален обект”, или тяло”.

От такава гледна точка всяка частица, колкото и малка да е тя, представлява материален обект, докато безмасовата – не.

1955 г. През 1895 г. 16-годишният Айнщайн пише своето първо научно есе за разпространението на светлина през ефира.

През 1955 г. в последната си автобиографична бележка той си спомня, че именно в онази юношеска възраст е поразен от такъв мислен експеримент:

„Ако със скоростта на светлината се преследва светлинен лъч, ще видиш вълново поле, независимо от времето. Но изглежда такова нещо не съществува. Това беше първият детски мислен експеримент на тема от специалната теория на относителността”.

Мислените експерименти играят важна роля в изследванията на Айнщайн в течение на целия му живот.

Айнщайн почива на 18 април 1955 г. Месец преди неговата смърт, в Берлин на заседание, посветено на 50-годишния юбилей на теорията на относителността, доклад изнася Леополд Инфелд. Като първо от трите експериментални потвърждения на специалната теория на относителността той споменава зависимостта на масата от скоростта. Щафетата за „релятивистката маса” е предадена на следващите поколения.

14. Борн, Ландау, Файнман

Книгата на Борн. Важна роля в тази щафета принадлежи на книгата на Макс Борн *Айнщайновата теория на относителността*. Знаменитият физик Борн, един от създателите на квантовата механика, прави много за пропагандирането на теорията на относителността. Първото издание на книгата излиза от печат през 1920 г. (руският превод е от 1938 г.). Следващото издание се появява вече след смъртта на Айнщайн през 1962 г., а руският превод – през 1964 и 1972 г. За съжаление, и в двете издания, оказали огромно влияние на преподаването на физиката през XX век, без каквито и да са уговорки се твърди, че нарастването на масата с увеличаване на скоростта е експериментален факт. През 1969 г., година преди смъртта си, Борн публикува преписката си с Айнщайн, осъществявана в продължение на четири десетилетия – от 1916 до 1955 г. В нито едно от близо стоте писма въпросът за зависимостта (независимостта) на масата от скоростта не се засяга! През 2005 г. излиза английското издание на тази преписка с просторно предисловие, но и то отминава с мълчание въпроса за масата.

Брошурата на Ландау и Румер. По-горе отбелязах, че книгата на Ландау и Лиф-

шиц *Теория на полето* беше първата в световната литература монография по теория на относителността, в която беше последователно проведена мисълта, че масата на тялото не зависи от нейната скорост. Затова остава непонятно защо в популярна брошура на Ландау и Румер *Що е това теория на относителността* авторите са предпочели за първо запознаване с теорията да изберат твърдението, че масата зависи от скоростта и че това е експериментален факт. В третото издание на брошурата, публикувано през 1975 г., Румер добавя: “Странички със спомени за Л. Д. Ландау”, където, в частност привежда шеговития отзив за брошурата, направен от самия Ландау: „Двама мошеници уговарят трети, че за стотинка може да разбере що е това теория на относителността”.

Лекциите на Файнман. Забележителните лекции по физика, изнесени в Калифорнийския технологичен институт от Файнман през 1961–1964 г., подпалиха любовта към физиката в душата на милиони читатели по цялото Земно кълбо. Те учат читателите на самостоятелно и честно мислене. За съжаление, в лекциите не се говори нищо за Файнмановите диаграми, измислени от Файнман през 1949 г., донесли му Нобеловата награда през 1965 г. Нещо повече, цялата теория на относителността в тези лекции се извежда от формулата $E = mc^2$, а не чрез понятието за лоренц-инвариантност на масата, лежаща в основата на Файнмановите диаграми.

Още в първата глава Файнман твърди, че зависимостта на масата от скоростта е експериментален факт, в четвъртата – че Айнщайн е открил формулата $E = mc^2$, в седмата – че масата е мяра за инерцията. В гл. 15 се появява формулата $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$ и се обсъжда следствието на „релятивистично нарастване на масата”, а в гл. 16 се извежда тази формула. Тази глава завършва с думите:

„Колкото и да е странно, формулата $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$ на практика се използва много рядко. Вместо нея незаменими се оказват две съотношения, които се доказват лесно: $E^2 - P^2 c^2 = M_0^2 c^4$ и $Pc = Ev/c$ ”. (В този цитат за запазени означенията на Файнман.)

Даже в гл. 17, където се въвежда четиримерното пространство-време и се използват единици, в които $c = 1$, Файнман, както и по-рано, говори за маса в покой m_0 , а не просто за маса m .

В течение на 2007 г. аз разпитвах по електронната поща бивши ученици и съавтори на Файнман. Никой не си спомни нито един случай, когато в обсъжданията с тях Файнман да е използвал понятието за релятивистична маса или формулата $E = mc^2$. А няколкото милиона читатели на неговите лекции са твърдо уверени, че масата зависи от скоростта.

По какъв начин великият физик, дал ни езика на Файнмановите диаграми, е могъл да положи в основата на Файнмановите си лекции понятието за маса, зависеща от скоростта?

Отговор на този въпрос ни дава вероятно Нобеловата лекция на Файнман. В нея той описва многобройните „затворени улици”, в които той е попадал по своя път при построяване на квантовата електродинамика, и изразява увереност в това, че “множество различни физични идеи могат да описват една и съща физична реалност”. (В частност, за идеята на движещите се назад във времето електрони той пише: „Тя се

оказа много удобна, но не задължително необходима за теорията, защото тя с голяма точност е еквивалентна на представата за морето от отрицателна енергия”. Но нали без движещите се назад във времето електрони нямаше да има Файнманови диаграми, внесли ред и хармония в много области на физиката.)

15. Епилог

Защо буренът за масата, зависеща от скоростта, е толкова устойчив? Преди всичко, защото в смисъл на аритметика или алгебра в него няма грешка. Във всяка самосъгласувана теория може да се въведе допълнителна „квазифизична величина” чрез умножаване на истинските физични величини по произволна степен на скоростта на светлината. Най-яркият пример за такава „квазивеличина” е т.нар. релативистична маса. При известна прецизност на изчисленията резултатите ще бъдат същите, както и в изходната теория. Обаче в по-високия смисъл теорията с въвеждане на „квазивеличини” се оказва осакатена, понеже се нарушават свойствата на симетрия. Релативистката маса представлява една от компонентите на 4-вектора, докато в същото време другите три компоненти даже не се споменават.

Нека отбележим още няколко обяснения за „жизнеността” на релативистката маса. Формулата $E = mc^2$ е „по-проста”, отколкото $E_0 = mc^2$, понеже за нея не се изисква допълнителното обяснение на нулевия индекс. Енергията, разделена на c^2 , действително има размерност на маса. Интуицията, основаваща се на житейския опит, подсказва, че масата, а не енергията, е мярката за инерцията на тялото, и обещава да „въвлече” в теорията на относителността нерелативистката формула $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$. В не по-малка степен същата тази интуиция ни подтиква да смятаме за източник на гравитацията „родната” ни маса, а не някаква „чужда” величина $\rho_{\text{мат}}/\sqrt{E}$. Особено ни се съпротивлява житейската интуиция от необходимостта да разглеждаме светлината като материя.

Приведените дотук аргументи могат да обяснят „Нютоновите пристрастия” на обикновения човек, тъй да се каже „пешеходеца”. Но да се пренасят тези аргументи към такъв велик физик като Айнщайн, е много лекомислено. Защото именно той въведе понятието за енергия на покой E_0 във физиката и много по-често пише $E_0 = mc^2$, отколкото $E = mc^2$. Но това, което остава необяснимо, е защо в течение на половин век, когато Айнщайн обсъжда връзката на масата с енергията, той в своите трудове и писма нито веднъж не използва формулата $E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$, определяща лоренц-инвариантността на масата?

Възможно е във формулировката на пълната еквивалентност между енергия и маса да се отразява неговото безусловно доверие в собствената му могъща интуиция. Та нали именно това доверие обуславя неприемането му на квантовата механика. Изглежда, че понятието електромагнитно поле той е възприемал не само с разума си, но с цялото си тяло. И вълновата функция той е възприемал също като електромагнитната вълна. Неприемането на квантовата механика е попретило на пресичането на мировите траектории на Айнщайн и Файнман в пространството на идеите, така да се каже в ноосферата. Следствие от това е, в частност, че до края на живота си

Айнщайн така и не възприема фотона като частица на материята, а го смята за квант на енергията.

16. Заключение

Разглеждайки картинната изложба в Манежа през 1962 г., Никита Хрущов (1894–1971) се нахвърля с ругатни върху скулптора Ернст Неизвестни. Когато Хрущов умира, неговите деца помолват Неизвестни да създаде паметник за гроба му. Основната част на паметника са две вертикални плочи от черен и бял мрамор, проникващи една в друга със своите ръбове, олицетворяващи злото и доброто.

Историята на борбата на двете концепции за масата през XX век прилича на тази скулптура. Светлина и мрак се борят един с друг във всеки един от великите творци на съвременната физика.

Прието е да се смята за „политически коректно“ отстояването на плурализма на мнения, докато отстояването на правилността на някаква една гледна точка се разглежда като проява на догматизъм. И забележителен пример за плодотворността на плурализма представлява дуализмът на вълна и корпускула в квантовата механика. Обаче има случаи, когато ситуацията е съзряла за избор на определена терминология. Именно такава е ситуацията при въпроса за съотношението между маса и енергия. Настъпило е време да се прекрати заблуждаването на новите поколения ученици и студенти, внушавайки им, че нарастването на масата с увеличаване на скоростта е експериментален факт.

Превод: **Н. Ахабабян**

Текстът е преведен с незначителни съкращения. Цитираната литература от 120 заглавия е пропусната; заинтересуваните могат да я намерят в оригинала: *Успехи физических наук*, т. 178, вып. 5, стр. 541–555 (2008). – Бел. прев.

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

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

След като многохилядна армия от силиконови гадателки и новоизлюпени професори (от Ангола и НБУ) прогнозираят края на света или земетресения, ние си позволяваме да ви представим статията на един скромнен доктор на физико-математическите науки и главен научен сътрудник от Международния институт по теория на прогнозите на земетресенията и математична геофизика на руската Академия на науките Михаил Владимирович Родкин, отпечатана в руското списание с над стогодишна история „Природа“.

ЗАДАЧАТА: ПРОГНОЗИРАНЕ НА ЗЕМЕТРЕСЕНИЯТА

М. В. Родкин

Под катастрофално в общественото съзнание се подразбира нещо неочаквано и ужасно. Впрочем най-близко до този образ са земетресенията, когато един от символите на постоянството и надеждността – земната твърд – започва силно да трепти, покрива се с пукнатини и се деформира по странни начини. Какви са възможностите за предсказване на подобни внезапни и страшни катаклизми?

Неопределеността в отговора на този въпрос красноречиво се потвърждава от текста на резолюцията, приета през януари 2009 г. от Генералната асамблея на Международната асоциация по сеизмология и физика на земните недра в Кейптаун. В резолюцията едновременно се подчертава актуалността на изследванията по прогнозите на земетресенията, както и доказателствата за възможностите на такава прогноза. Именно по примера на прогнозите на земетресенията се отработват различните методи за прогнозиране на развитието на неустойчивостите и кризите, използвани след това в най-различни сфери – във финансите, поведението на сложни инженерни съоръжения, екологията.

Младост – време на несбъднати надежди

Първият регистриран пример за успешна прогноза на земетресение се отнася за 1970 година. Тогава изглеждаше, че окончателният успех за стабилни и съдържателни прогнози не е далеч – трябва само да се събере повече разностранна информация за състоянието на земните недра и умение на обработката ѝ. Най-активно с проблемите за прогнози на земетресения се занимаваха в Китай, СССР, САЩ и Япония. Американците и японците залагаха на регионалните мрежи за събиране на геофизична информация, Съветският съюз – на усъвършенстването на методиката на събиране и анализ на данните от специално подготвени полигони. Китайците, както не веднъж в своята история, бяха заложили на многобройното, трудолюбиво и изпълнително население на страната.

През периода на културната революция в КНР беше създадена цяла армия от народни наблюдатели, които бяха длъжни да съобщават за всички явления, които могат

да имат отношение към приближаването на силно земетресение: изменение на нивото на водите в кладенци, аномалии в поведението на животни и много други възможни признаци за надигаща се катастрофа. В няколко от най-чувствителните сеизмологични райони бяха организирани и мрежи за инструментално наблюдение. И през 1975 г. се достигна до голям успех – китайските специалисти успяха да предскажат силното Хайченгско земетресение с магнитуд 7.3. В продължение на няколко месеца наблюденията бяха фиксирани аномално бързи движения на земната повърхност. След това бяха зачестили сигналите от народните наблюдатели за аномално поведение на животни. И накрая, на 4 февруари в 14 ч. след серия от слаби тласъци – също възможен предшественик за предстоящо силно земетресение – е обявена обща тревога. Хората са изведени от зданията, а в 19 ч 36 мин. е последвал силният удар, разрушил 90% от всички съоръжения на град Хайченг.

От 600-хилядното население на града загиват около 2 хиляди и близо 27 хиляди са ранени. Но без предупредителните мерки броят на жертвите е щял да бъде много по-голям. Впрочем еуфорията от успешната прогноза продължава недълго: на 28 юли 1976 г. непредсказаното разрушително Таншанско земетресение оставя под руините на китайските градове (в това число и в Пекин) повече от 240 хиляди души. През следващите години в Китай успяват да предскажат значителен брой земетресения, но в повечето случаи стихията нанася ударите си неочаквано. Непотвърдените прогнози водят до големи икономически загуби и пораждат паника сред населението. Анализът на ситуацията, на броя на успешните и неверните прогнози и последствията от тях подтиква към решение за ограничаване на евакуационните мероприятия и по-широко оповестяване за възможни земетресения.

Неуспехът на китайската програма за предсказване на земетресенията се приписва на ненадеждността на метода на събиране на данни: податливостта на народните наблюдатели на изблик на бдителност, или обратно, тяхното неоправдано пренебрежение.

Изглежда, решението на проблема ще трябва да се търси в обезпечаването на съвременна геофизична мрежа. Сеизмологичните области на САЩ и цялата територия на Японските острови бяха покрити с плътна мрежа за геомагнитни наблюдения. При това те не бяха ограничени само с регистрацията на сеизмичните трептения: измерваха се температурата и химическият състав на подземните води, скоростта на движение на земната повърхност, аномалиите на гравитационното и геомагнитното поле, мониторинг на атмосферните, йоносферните и геоелектричните явления. В Съветския съюз не достигаха средства за разгъване на регионални мрежи за наблюдение и затова в най-уязвимите райони бяха създадени редица първокласни комплексни геофизични полигони.

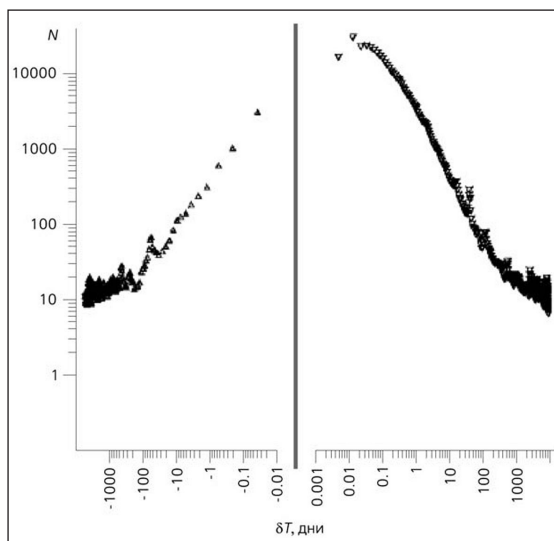
Обаче и надеждите, свързани със съвременната техника, не бяха оправдани. Големият обем на получаваната геофизична информация не доведе до забележимо нарастване на качеството на прогнозите. Учените регистрираха огромно количество различни геофизични аномалии, предположително свързани с процесите на настъпващо земетресение (подобно например с бързите движения на земната повърхност

преди земетресението в Хайченг). Обаче по-голямата част от такива аномалии не се повтаряха при другите земетресения. Независимо от всички усилия така и не се удаде начин за получаване на ефективна и икономически оправдана прогноза, при която предотвратяването на загубите устойчиво да превъзхожда загубите от лъжлива тревога.

Време на дълбок скептицизъм

В резултат на тези неуспехи започна да се развива дълбок скептицизъм относно възможностите за прогнозиране на земетресенията. Той беше особено силен в страните, където дотогава бяха създадени технически най-съвършените мрежи за наблюдение и където перспективите за получаване на прогнози до неотдавна изглеждаха толкова близки. И този скептицизъм получи много авторитетна теоретична подкрепа. В основата на теоретичната сеизмология лежи известният емпиричен закон на Гутенберг-Рихтер. Той свързва броя и силата на трусове със степенен закон: при увеличаване на енергията на земетресението 1000 пъти (с 2 единици магнитуд) количеството събития с такъв мащаб намалява около 100 пъти. От това впрочем произтича и важният извод: основната част от цялата отделена сеизмична енергия се пада на малък брой от най-силните събития. А именно те причиняват големите загуби особено когато засягат големи градове. Учените настойчиво се опитват да обяснят закона на Гутенберг-Рихтер още с неговото установяване.

През втората половина на XX век се изяснява, че такова разпределение се среща не само в сеизмологията. На аналогичен закон се подчинява и броят на жертвите в зависимост от природните катастрофи (не само земетресенията), по подобен начин са разпределени и населените пунктове по брой жители, компаниите – по големината на капитала им, военните конфликти – по броя на жертвите. Във физиката законите със степенни разпределения са типични за критичните процеси (например за фазовите преходи от втори род). Прието е те да се наричат самоподобни, защото при тях отсъстват каквито и да са избрани размери и характерът на разпределенията е един и същ (самоподобен) за слаби, средни или силни събития. Съответно процесите на различни пространствени и времеви мащаби изглеждат еднообразни. Така карта на тектонични пукнатини

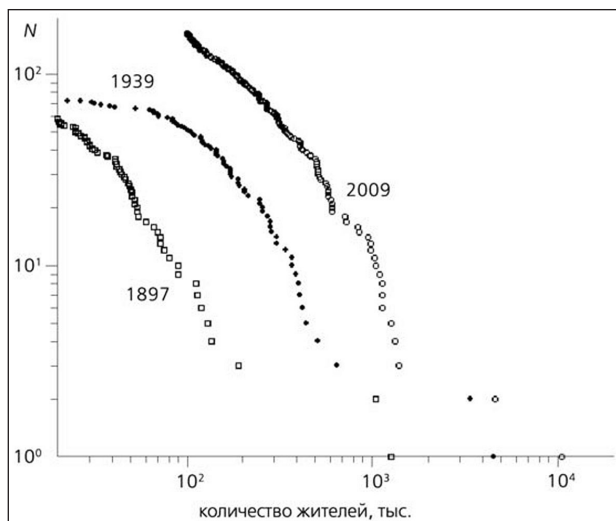


Фиг. 1. Усреднена зависимост на измененията на броя (N) на слаби земетресения за единица време преди силни земетресения и след тях. Ясно се вижда тенденцията на степенното нарастване на броя на фортишоковете, свидетелстващо за принципната възможност за прогнози

на земната кора с мащаб стотици километри прилича много на шлиф на планинска порода с мрежа от микропукнатини. За геометрично описание на такива самоподобни структури служат фракталите. Съществено е, че подобни разпределения не могат да се реализират в безкрайни области (тогава биха възниквали физически нереализуеми безкрайности). Обикновено такива закони на разпределения са в сила в диапазона на няколко порядъка.

През 1987 г., за да обяснят широкото разпространение в природата на степенните разпределения, американците К. Уизенфелд (К. Wiesenfeld), датчанинът П. Бак (P. Bak) и китаецът Чао-Танг (Chao Tang) предложиха красива и оказала се много плодотворна идея за развитие на самоорганизираната критичност или в абривиатура СОК хипотезата. Тя предполага, че сложните динамически системи самопроизволно еволюират в посока на критичните състояния, при което съществена роля играят взаимодействията не само със съседните, но и с далеко отстоящи елементи.

Критичните явления и съответстващите им степенни закони са добре изследвани във физиката – те са характерни за системи, състоящи се от голям брой взаимодействия помежду си обекти. Такова взаимодействие води към съгласуване на поведението на много частици и развиването на „конкуренцията“ между различните типове на съгласуваното поведение. При изкипяването на прегрята вода (не напълно строг, но разбираем пример) достатъчно е само възникването на зародиш на нова фаза, когато



Фиг. 2. Разпределението на броя (N) на градовете в зависимост от броя на жителите може да бъде описано със степенен закон на разпределение, аналогично на разпределението на броя на земетресенията в зависимост от сеизмичната енергия. Приведените данни са за големи градове в Русия за 1897, 1939 и 2009 година

към него веднага ще се присъединят и ще преминават в новата фаза голям брой от обкръжаващите го атоми. При това между съседните зародиши възниква конкуренция за атоми, от чийто ход зависи и разпределението на мехурчетата по размери: по-едрите зародиши имат преимущество. Аналогично, по-големите градове по-силно привличат хората, предоставяйки им по-големи възможности за избор на работа и отдых. Подобен кооперативен вид поведение рязко се отличава от онова, при което отделните елементи на системата имат независимо поведение като например на молекулите в идеален газ.

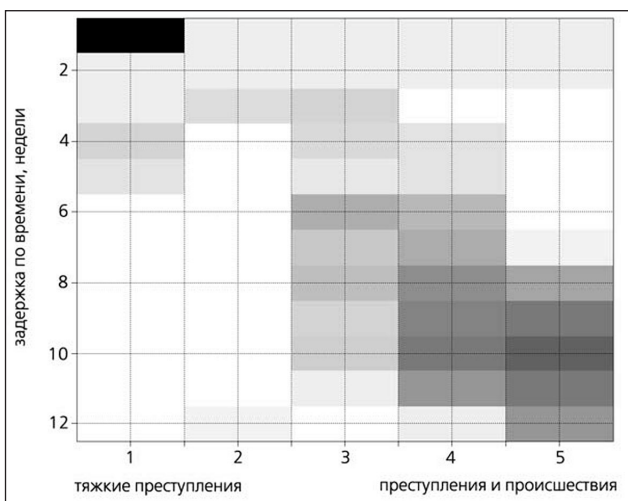
Моделът СОК претендира да обясни защо в толкова различни системи възникват степенни зако-

ни на разпределения. Той бързо доби голяма популярност и стана общоприет начин за обяснение на всички случаи на реализация на степенни (или подобни на тях) разпределения при развитие на самоорганизирана критичност.

Трябва обаче да се отбележи, че изящността на СОК моделите в значителна степен се маскира от обстоятелството, че развитието на самосъгласуваните еволюции на сложни системи по посока на критичните състояния в тях в много от случаите просто се постулира. Примерите на конкретни механизми, описващи такава еволюция, и досега са малко, и всички те основно се отнасят до силно опростени модели.

Във връзка с проблема за прогноза на земетръси литосферата на Земята по СОК хипотезата се разглежда като среда, намираща се постоянно в критично (т.е. крайно неустойчиво) състояние. В критично състояние отсъстват характерните пространствено-времеви размери и следователно надеждни оценки за място и време на земетресението са невъзможни. От това следва, че възникването в даден момент на едно или друго земетресение е изключително работа на случая и принципно непредсказуемо. В такава ситуация в унисон със запомнящия се образ от научнофантастичния разказ на Р. Бредбъри размах на крилата на пеперуда може да доведе до пусков механизъм за възникване на голяма катастрофа. Ако това е така, проблемът за предсказване на земетресения отпада като принципно неразрешим, даже и като „ненаучен”, подобен на усилията за изобретяване на вечен двигател. Наистина за получаването на прогнози в рамките на СОК модела се изисква безкрайно голям обем информация, чак до отчитане на нищожното смущение на въздуха от движението на крилата на пеперуда, което явно е нереализируемо.

Да обясним на пръсти математическата страна на ефекта на „пеперудата на Бредбъри”. Всички ние още от времето на средното училище знаем, че да се дели на нула е недопустимо. Да си представим сега, че големината на ефекта се определя от член с много малка стойност на знаменателя, който зависи от раздвижването на въздуха, предизвикано от размаха на крилата на пеперудата. В този случай ефектът ще зависи силно и от поведението на пеперудата.



Фиг. 3. Градацията на сивия цвят съответства на различния брой най-тежки (първи клас) и по-слаби престъпления. Вижда се, че повишаването на най-тежките престъпления се предшества от периоди на увеличение на по-слабите. Активизацията "се прелива" от области с по-малка престъпност към долния десен ъгъл на рисунката към областта на по-тежките – в левия горен ъгъл

Но само от критичното състояние на земната кора ли са обусловени трудностите на прогнозата? Да се опитаме да сравним задачата с предсказването на метеорологичното време. От собствен опит знаем, че тя невинаги е точна. А сега да си представим, че синоптиците не разполагат с никакви средства за измерване във вътрешността на атмосферата – те разполагат само с измервания на температурата, влажността и налягането под тънък слой земна почва. Безспорно такива данни носят известна информация за метеорологичните процеси, но едва ли прогноза, основана само на тях, може да бъде много точна. А всъщност сеизмолозите се намират в такова положение: пряк достъп в дълбочина на земната кора, където се предизвикват земетресенията, засега е невъзможен. Ситуацията в земните недра се оценява по косвен начин, по измервания на повърхността на Земята.

Не по-малка трудност се съдържа в това, че по същество не знаем какво е това земетресение. Още по време на еуфорията и надеждите известният съветски сеизмолог Н. В. Шебалин настояваше, че предсказанието на земетресенията е невъзможно, понеже нямаме добър модел за него. Това твърдение обаче изисква известни пояснения. Прието е, че причина за земетресенията са високите тектонични напрежения, а самите напрежения се трактуват по аналогия с разрушаването на обикновените образци на планински породи, само че много по-големи. Трябва да се вземе образец, да се постави под преса и постепенно, увеличавайки усилиято, да бъде разрушен. Може също (макар и по-грубо) да се оцени големината на напреженията в литосферата. И се оказва, че те са много по-малки от изискваните за разрушаването на образците от планински породи. Как тогава възникват земетресенията? Засега не е съвсем ясно. Особено загадъчно е съществуването на т.нар. дълбоки земетресения. При огромни налягания вътре в мантията на Земята (а огнищата на земетресенията се фиксират до дълбочини от 700 км) даже за да се предизвика разместване на вече съществуваща пукнатина, се изисква голямо напрежение. А за съществуването на такива големи стойности няма и намек. Обратно, всички данни говорят че напреженията в мантията са доста умерени. Впрочем, ако нямаше дълбоки земетресения, то в учебниците по сеизмология напълно убедително би се доказало, че те въобще не могат и да съществуват. И наистина, без удовлетворителен физичен модел е трудно да се подберат добри прогнозни признаци. И още по-трудно да се интерпретират резултатите от наблюдения или експерименти. Остава ни да проследяваме вариациите в интензитета на сеизмичните процеси и да се опитаме да изясним неустойчивостите в неговия режим. Именно такъв е подходът и към това са ориентирани почти всички съществуващи в днешно време методи за прогнозиране.

В края на 80-те години на миналия век прогнозата за земетресенията престана да бъде популярна в научните среди. Да се говори за това, стана признак на лош тон, а и самата дума „предсказание” беше изгонена от научната литература. Ако се налагаше да се докоснем до тази щекотлива тема, се използваше по-малко обвързващият термин „прогноза”. Модата в науката е не по-малко взискателна, отколкото в обикновения живот, и през 1984 г. Конгресът на САЩ даже прие специално решение за прекратяване

на целевото финансиране на програмите за прогнозиране на земетресения и насочи усилията към сеизмично устойчиво строителство.

Махалото се завръща: прогнозите са възможни

Изводът за принципната невъзможност за предсказване на земетресенията не само не среща подкрепа, но естествено, породя почти на подсъзнателно ниво – протест. Нима такъв мащабен процес, при който цели хребети се преместват на десетки метри, може да бъде задействан напълно спонтанно, без всякаква предварителна подготовка? И толкова ли земетресенията приличат на критичните явления? Може би само с внезапността, лошата предсказуемост и проявяването на степенни каскади със слаба форшокова (развиваща се с приближаването на главния тласък) и добре изразена афтершокова (след силното земетресение) активизация. Но в редица принципно важни моменти сеизмичният процес рязко се отличава от критичните явления. Например добре известните фазови преходи от II род протичат без отделяне или поглъщане на енергия. В същото време силните земетресения са съпроводени от внезапно отделяне на огромна енергия. Именно тези изхвърляния на енергия правят тяхното предсказване толкова актуално.

А и в рамките на самата СОК хипотеза при по-детайлно разглеждане задачата за прогнозиране на земетресенията се оказва не толкова безсмислена. Да поясним ситуацията с един класически пример на критичен процес – самопроизволното възникване на намагнитване на материали под критичната точка на Кюри. При тези условия взаимодействието между съседните спинове става толкова голямо (в сравнение със случайните топлинни трептения), че за съседните магнитни моменти е по-изгодно да се построят успоредно. В отсъствие на външно магнитно поле посоката на образуваната намагнитеност е случайна и се определя от това, каква посока на намагнитеност е започнала да се формира първоначално (напълно случаен фактор). Ясно е, че ако и посоката на намагнитване да е случайна, самият факт на нейното възникване е напълно закономерен и намагнитеността възниква неизменно винаги когато температурата падне под точката на Кюри.

По аналогия може да се предположи, че прогнозиране на земетресения е възможно, когато критичното състояние на земната кора се достига не винаги, т.е. можем да говорим за голяма или малка критичност. И наистина на Земята съществуват не само сеизмични, но и асеизмични райони, където земетресения практически не е имало. Едва ли литосферата на тези области може да бъде описана като непрекъснато пребиваваща в критично състояние. И следователно разумно е да се предположи, че съществуват и различни степени на критичност, и съответно може някак си да се оценят мярата за критичност и вероятността за възникване на силно земетресение.

Обаче съществуването на абсолютно асеизмични територии е също проблематично. Крайно рядко, но земетресения се случват и в такива райони. Едно от най-удивителните такива събития се случи на 25 март 1998 г. на разстояние около 500 км от бреговете на Антарктика, на островите Балени върху стабилна океанска плоча. По съвременни

сеизмологични представи такива плочи е прието да се смятат за тектонично пасивни и абсолютно асейсмични.

Ако се интерпретира сеизмичният процес като намиращ се на прага на критично състояние, възможна е не само прогноза, но и определени изводи за характера на предвестниците на земетресението. Известно е, че в процеса на развитие на критичността рязко се увеличава чувствителността на средата към външни въздействия. Сеизмолозите не веднъж са забелязвали, че преди големи земетресения литосферата откликва по-силно на преминаването на приливни вълни или циклони. Тези крайно слаби по геологичните скали въздействия могат да играят ролята на пускови механизми. Един характерен признак за нарастването на критичността е аномално високата променливост на интензитета на сеизмичния режим – появяването на отчетлива активност или затишие. Важен признак за приближаващо се силно земетресение е степента на нарастване на броя на значително по-слабите събития (фортшокове) в областта на влияние на основното събитие. Обаче такъв ръст надеждно се проявява само при съвместния анализ на данните за голям брой земетресения. За всяко конкретно събитие този ръст е неразличим на фона на силно нерегулярните изменения на интензитета на сеизмичния режим. За развитието на критичния режим сочи също и увеличаването на честотата на разсеяните пространствено, но близки по време сеизмични събития, а също и увеличаването на частта от относително силни трусове. Споменатите особености на сеизмичния режим и преди това се сочеха от специалистите като характерни признаци за предизвестие. Преди това бяха тенденциите, повече или по-малко надеждно проявяващи се, от съвкупността от емпирични данни. А сега подобни признаци получиха и теоретичното си обяснение. И това е значителен напредък. Ако преди прогнозата на земетресенията се основаваше, по същество, на опита и интуицията на сеизмолозите, то сега стана възможно аномалиите да се проверяват на основата на някакъв теоретично очакван сценарий за развитие на неустойчивостта.

Съмненията в предсказуемостта на земетресенията също се оказаха полезни за науката, понеже стимулираха внимателната проверка на алгоритмите за прогнози. Стана правило щателно и еднозначно да се формулират алгоритмите на прогнозата и регулярно да се публикуват новите им версии, което позволява всички желаещи самостоятелно да ги проверяват и да оценяват тяхната ефикасност. Впрочем почти всички алгоритми за прогнози бяха разработени в рамките на съветската (а след това – на руската) сеизмологична школа. Детайлни и щателни проверки на средносрочната прогноза са извършени за силни земетресения с магнитуд, надхвърлящ 8, получили означението М8. От тогава до днес бяха предсказани седем от деветте силни земетресения с изпреварване от не повече от пет години. За издаването на екстремни предупреждения това, разбира се, е недостатъчно. Но и такава прогноза позволява своевременно да се вземат мерки по намаляване на загубите от очаквания стихийен удар и повишаване на готовността за провеждане на спасителни мероприятия. Сравняването на резултатите от прилагането на алгоритъма М8 със случайните загуби показва, че предсказването на земетресения е възможно поне в статистически смисъл. В резултат от края на миналия

век скептицизмът относно прогнозирането на земетресения започна да намалява и тази тематика започна отново да получава граждански права в науката.

Нови надежди и нови задачи

През последните години при изследванията на прогнози за земетресения широко се прилагат космическите средства за наблюдение. Силните земетресения са едромасабни събития, даващи мозаична картина на предвестниците върху огромна територия. Тази мозайка в значителна степен и обуславя неповторимостта на картината на предвестници при различните земетресения. Космическите методи на регистрация дават широк обзор на територията и са по-нечувствителни към мозаичността на полето на предвестниците. Те позволяват проследяването на деформациите на земната повърхност, изменението на температурата на почвата при изхвърляния на дълбочинни флуиди, вариации в свойствата на йоносферата, предположително свързани с подготовката и реализацията на силните земетресения, и много други параметри.

NASA например залага на масираното използване на прецизно точните системи за глобално позициониране GPS, а също на появилите се малко след това спътникови радарни със синтетичната апаратура InSAR. GPS позволява с точност до милиметри да се проследят точките върху земната повърхност, където са поставени стационарните приемници, и да се оцени скоростта на тяхното движение. Предполага се например, че отклонението от равномерното изместване по посока на разлома Сан-Андреас в Калифорния – един от най-активните сеизмични райони в Северна Америка, позволява да се установят местата на натрупване на напрежения, т.е. вероятните места на предстоящо земетресение. Технологиата InSAR дава районирано изображения на размествания на земната повърхност през последователни времеви интервали на обозримите територии. Обединените данни от GPS и InSAR осигуряват възможността за мониторинг на движението на земната повърхност, немислима само допреди няколко години. Остава само непростата задача: да се извлече от тях сигналът за местата на бъдещото земетресение.

Другата задача при изследване на земетресенията – да се достигне до самото огнище – в днешно време се изпълнява съвместно с Геологичната служба на САЩ (USGS), Международната научна програма по дълбоко континентално сондиране (ICDP) и Националния научен фонд на САЩ (NSF). От 2004 г. насам се сондираше специален разлом. Миналата година сондажът пресече пукнатината Сан-Андреас на дълбочина 5 км. Сега в нея се монтират прибори за дълбочинна обсерватория SAFDOD (San Andreas Fault Observatory in Depth), която ще предава информацията непосредствено от подготвяните огнища на земетресения.

Сред съвременните европейски системи за наблюдение интерес представлява и френската програма, основаваща се на работата на спътника DEMETER (Detection of ElectroMagnetic Emissions Transmitted from Earthquake Regions). Тя предвижда провеждането както на дистанционни, така и на надземни проверки и привързване на космическите данни. Тази програма е интересна с това, че е ориентирана към

прогнозирането на земетресения по данни от измервания на йоносферата (нека обаче отбележим, че по досега получените данни резултатите са доста скромни).

И така, стигаме до извода, че според съвременните представи прогнозирането на земетресения е по принцип възможно, но изглежда, само във вероятностни варианти. В допълнение можем да добавим, че проведените от нас изследвания на особеностите на сеизмичния режим в районите на силни земетресения определено свидетелстват за развитието в пространствено-времевата околност на силното земетресение на комплекс от признаци, съответстващи на сценария на развитие на неустойчивостта, очаквано в рамките на модела на критичния процес. Тези признаци по съвкупността от данни от големи групи силни земетресения уверено се проявяват няколко месеца преди събитието и на разстояние няколко размера от това на огнището на силното земетресение. Нашият резултат подкрепя принципната възможност за прогнози. Но проявяването на такива признаци за всеки конкретен случай (а не средно за голяма съвкупност от събития) се маскира силно от индивидуалните черти на сеизмичния режим в дадената пространствено-времева област. Отриването на настъпването на конкретно земетресение е възможно само в статистически смисъл. Каква точност на прогнозата при това може да се постигне – засега е неясно. Можем да се надяваме, че с увеличаване на точността на наблюденията и обема от данни надеждността на прогнозите ще нараства, но изглежда, доста бавно.

Като заключение бихме искали да отбележим, че независимо от това, че засега не успяваме да се справим със задачата за получаване на ефективна прогноза за земетресенията, изследванията в тази насока дадоха немалко ползи за науката като цяло. Те се оказаха пионерски за широк и много актуален кръг от изследвания – изучаването на признаците за неустойчивост в поведението на сложни динамични системи от най-различна физическа природа. Сеизмологията се оказа първата област на знанието, където се изясни особената роля на степенните разпределения. Понастоящем разработените в сеизмологията общи подходи се прилагат за оценката на устойчивостта на най-различни динамични системи, включително и развитието на търговските кризи и социални катаклизми. Във връзка с разширяващата се световна икономическа криза тези изследвания се оказват особено интересни. Така например в Международния институт по системен анализ във Виена се разработва програма за поведението на силни внезапни събития (с център на тежестта за прогнозиране на икономически катастрофи), където като методологична основа се предполага да се използват методите, предложени преди това, за решаване на задачи от сеизмичната прогноза.

Превод: **Н. Ахабабян**

М. В. Родкин. Задача: прогноз землетрясений,
сп. „Природа”, №10, 2010

ФИЗИКАТА НАДНИЧА В ИЗБИРАТЕЛНАТА УРНА

Санто Фортунато, Клаудио Кастелано

В различни страни и за големи периоди от време електоралните характеристики от типа на статистиката за представянето на кандидатите на избори (изборният им успех) и броят на гласувалите избиратели показват универсално поведение. Дали гласоподавателите са така предвидими, както са предвидими и атомите?

Санто Фортунато е доцент в Департамента по биомедицинско инженерство и компютърни науки при Университета Аалто в Еспоо, Финландия, и водещ учен в Лагранжовата лаборатория по комплексни мрежи и системи на Института за научен обмен в Торино, Италия. Клаудио Кастелано е научен сътрудник в Института по комплексни системи към Националния научен съвет при Университета Сапиенца в Рим.

Идеята, че хората могат при случай да се подчиняват на правила, които определят предсказуеми колективни модели, съществува от години и има няколко знаменити бащи, включително политическия философ Джон Стюарт Мил и социолозите Огюст Конт и Адолф Кетле. Индивидите могат да избират свободно, но съгласно теорията при взаимодействие на твърде голям брой индивиди изборът им се влияе от присъствието на останалите и могат да възникнат регулярни колективни поведения. През изминалите две десетилетия идеята за хората като „социални атоми“ е вдъхновила една процъфтяваща изследователска дисциплина, станала възможна благодарение на наличието на големи бази данни за социалните явления и мощни компютри, които да ги обработят.

Статистическата физика, занимаваща се със съвкупности от голям брой частици, предоставя концептуалната рамка за разбирането на такива системи дори техните елементарни единици да са човешки същества. Очевидно е, че изучаването на социалните атоми не протича безпрепятствено. Сложността на индивидите и заплетеността на техните взаимодействия изключват възможността за формулиране на принципи и закони, строги като онези, които се прилагат към неодушевената материя. Независимо от това колективните социални явления изобилстват от регулярни формирания, търсещи да получат своето обяснение, идеално изразено чрез прости модели.

Публикации от физици, изучаващи изборите, започнаха да се появяват в края на деветдесетте години на миналия век. Към днешна дата са изучени и моделирани много различни типове избори в няколко страни и са разгледани различни проблеми. В настоящото кратко изследване се обсъждат резултати от последните години, отнасящи се до конкуренцията между кандидатите в пропорционални избори и до статистиката на броя на гласувалите избиратели.

Универсален модел на представянето на избори

Много кандидати се състезават в изборите за едно или няколко места. Тяхното представяне на изборите варира от съкрушителната изборна победа до пълния провал. На какво се дължат тези огромни разлики?

През 1999 г. Раймундо Коста Фильо и колектив изучават статистиката на вота от общите избори, проведени в Бразилия през 1998 г. В бразилските пропорционални избори, за разлика от случващото се в САЩ, всеки избирателен район има от няколко до няколко десетки представители, а броят места, спечелени от една партия, е пропорционален на броя гласове, получен от всички нейни кандидати. Коста Фильо и колектив разглеждат гласовете, получени от всички кандидати, победители и победени, независимо от избирателния им район или политическата им принадлежност. Далеч от високите и ниските екстремни стойности на представянето на кандидатите на изборите броят на кандидатите, получили v на брой гласове, е обратно пропорционален на v . Анализът на изборите в Бразилия обаче пренебрегва фактор, който е фундаментален в политическия живот на повечето страни: влиянието на партиите. Изборният успех на даден кандидат зависи в голяма степен от популярността на политическата програма на партията на кандидата. Резултатите от изборите в Бразилия – и от тези в други страни с подобни схеми на гласуване – отразяват комплексните, взаимно преплитачи се ефекти на съревноваването между партиите и конкуренцията между отделните кандидати в една и съща партия. Като се имат предвид особеностите на специфичния политически пейзаж на всяка една страна, трудно може да се очаква подобни резултати да се запазват извън конкретни национални граници.

Това е причината да предложим различен анализ за пропорционалните избори. За да отделим ролите на партиите от тези на кандидатите, ние използваме в качеството на основна променлива, не абсолютния резултат, касаещ представянето на кандидата, изразен чрез броя на получените гласове, а по-скоро резултата, отнесен към средния брой гласове, получени за кандидатите от същата партия. Тоест за всяка партийна листа разделяме броя v на гласовете, получени от всеки един кандидат, на средния брой v_0 за всички кандидати в листата. Както показва Фиг. 1, фракцията на кандидатите с даден относителен резултат е забележително еднотипна като поведение както от страна до страна, така и за избори, проведени в една и съща страна по различно време. Тази универсалност, очевидна за избори, обхващащи почти половин столетие, подсказва, че съществува основна характеристика на социалната динамика, независима от културния, историческия, икономическия и технологичния контекст, в който се провеждат изборите.

Ние моделираме предизборната кампания като процес на пряка комуникация (предаване от уста на уста), който започва от кандидатите и се разпростира до общността от гласоподаватели чрез техните социални взаимоотношения. Всеки кандидат убеждава лицата, с които е в непосредствен контакт, с дадена вероятност r . Убедените гласоподаватели на свой ред се превръщат в активисти и провеждат кампания в полза на кандидата, който са избрали. В нашия модел веднъж убедените гласоподаватели не про-

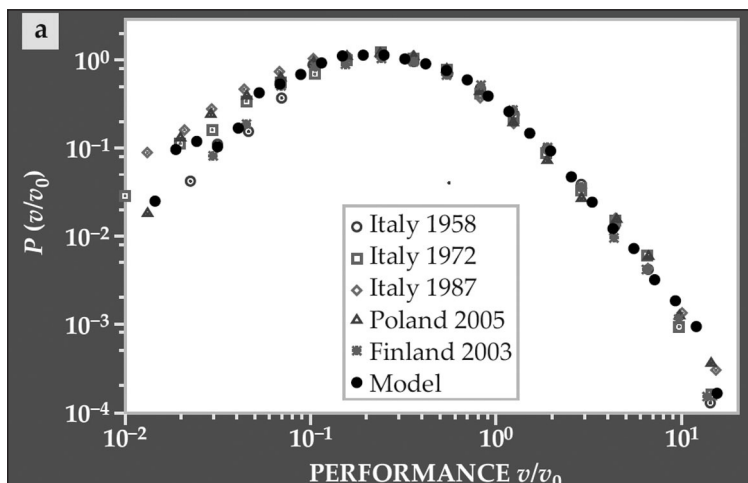
менят избора си. Кампанията приключва в момента, в който всеки гласоподавател е избрал кандидат.

Приемаме, че броят на лицата k , с които всеки индивид е в контакт, е случайна променлива с разпределение $P(k)$ и $k^{-\alpha}$; такова широко разпределение отчита голямото разнообразие на лични предпочитания и социални позиции. Моделът дава разпределение на резултатите от представянето на кандидатите, показано на Фиг. 1, което се съгласува добре с показаните емпирични профили. Освен това резултатът е устойчив по отношение на вариациите на параметрите r и α . Може би не е изненадващо, че най-успешните са онези

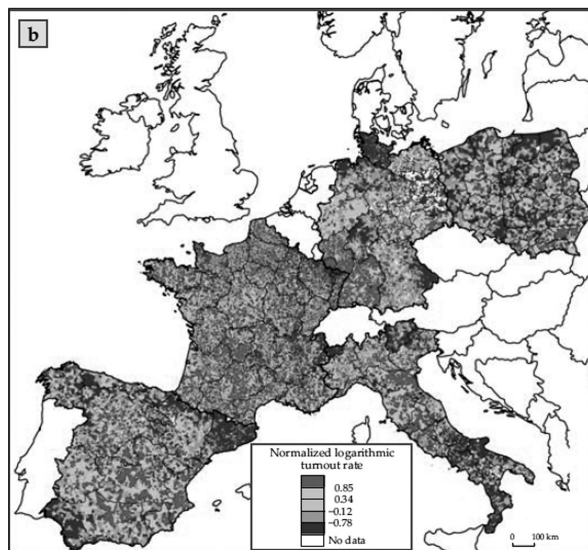
кандидати, които успяват да придобият най-големия брой гласоподаватели на началните етапи на процеса на предаване от уста на уста.

Брой на гласувалите избиратели

Подражанието и приспособяването са основните характеристики на социалния атом и изглежда, че те често надделяват над индивидуалната свобода на вземане на решение. Да се знае как решенията на хората зависят от тези на лицата, с които са в контакт, е от фундаментално значение в маркетинга, провеждането на политики, разбирането на паниката сред големи маси хора и т. н. Кристиан Боргези и колектив използват данни от избори, разбити в пространството, за да проучат ролята на лицата, с които индивидът контактува, в най-важното решение, стоящо пред гласоподавателя: да гласува или да не гласува? Статистиката за броя на гласувалите избиратели на ниво



Фиг. 1. Гласоподавателите като социални атоми. Плътност на вероятността $P(v/v_0)$ даден кандидат да постигне определена степен на изборен успех. Мярката за представянето на кандидата е броят v на гласовете, получени от един кандидат, отнесен към средния брой гласове v_0 , получен от кандидатите в партийната листа. Получената крива е една и съща за различни страни и години, което предполага наличието на прост базов механизъм, описващ конкуренцията между кандидатите. Легендата показва за кои по години и държави се отнасят данните. Предсказанията на модела, използван за симулиране на предизборната кампания, е представен с плътно черни кръгчета. Моделът се основава на разпространение на предпочитанията от човек на човек и се вижда, че е адекватен при възпроизвеждането на универсалните криви (Фигурата е адаптирана от S. Fortunato, C. Castellano, Phys. Rev. Lett. 99, 138701, 2007.)



Фиг. 2. Брой на гласувалите избиратели в изборите за Европейски парламент през 2004 г. във Франция, Германия, Италия, Полша и Испания. В червено са показани общините с висок процент на участие в изборите, а в синьо – тези с нисък такъв. Хетерогенният модел показва корелации на големи разстояния между различни географски области. Т. е. населени места с висок процент на участие в изборите вероятно ще се намират в близост до други населени места с висок процент на участие в изборите (и подобно за областите с нисък процент на участие в изборите). Логаритмичният брой на гласувалите избиратели е дефиниран в текста (Адаптирано от C. Borghesi, J.-C. Raynal, J.-P. Bouchard, Plos ONE 7, e36289, 2012.)

страни, и установяват, че обичайната математическа функция, която дава количествен израз на тези корелации, в общи черти е пропорционална на $\ln(r/L)$, където r е разстоянието, което ги разделя, а L – характеристичната скала на дължините, е от порядъка на размера на страната.

По-нататък изследователите възпроизвеждат феноменологията, която са открили, чрез модел на вземане на решение, в който гласоподавателите участват в даден избор само ако предразположеността им да гласуват надвиши определен праг. Тази предразположеност е резултат от три приноса: на идиосинкратичната диспозиция, специфична за всеки индивид и варираща във времето; на член, който зависи от гра-

община е достъпна за много страни и години, поради което е възможно да се провери съществуват ли пространствени корелации между броя на гласувалите избиратели в различни градове.

Боргези и колектив разглеждат променлива, наречена логаритмичен брой на гласувалите избиратели (ЛБГИ): логаритъмът на отношението на броя на регистрираните избиратели, участвали (гласували) в даден избор, към броя на онези, които не са участвали (не са гласували). (В анализите си изследователите е трябвало да нормализират ЛБГИ по подходящ начин; тук ние няма да обсъждаме тези подробности.) Те установяват, че за общини с приблизително еднакво на брой население функцията, описваща вероятността за даден ЛБГИ, е несиметрична камбановидна крива, която по същество е еднаква за различни страни и избори. Основният резултат на техния анализ обаче е, че участието в избори в различните населени места не е независимо. Както е посочено на Фиг. 2, броят на гласувалите избиратели е корелиран на големи разстояния. Изследователите разглеждат избори, проведени в няколко европейски

да с пространствени корелации в малък мащаб; и на „културно поле”, което варира бавно в пространството и времето и е отговорно за едромасштабните пространствени корелации на броя на гласувалите избиратели.

Два са механизмите, които влияят върху еволюцията на културното поле. Първо, хората пътуват до съседните градове и взаимодействат с познати, като пренасят местната си културна специфичност и обменят идеи и вярвания. Като го правят, те стесняват културните разлики между близко разположените области. В резултат на това културното поле претърпява процес на разпространение върху географски отделените населени места. Второ, настроението на общността в дадена област може да се влияе от събития като затварянето на някоя фабрика или изграждането на нова инфраструктура. Такива събития могат да се моделират с включването на член със случаен шум в уравнението, което описва разпространението на културното поле. Решението на това уравнение след преминаване на началния преходен период дава пространствено корелиран профил, който е същият като разкрития в изборните резултати. Съгласуването (фитирането) на кривата на модела с емпиричните разпределения разкрива, че времето на уравновесяване на динамиката на културното поле е от порядъка на столетие: период от време, който съответства на наблюдаваната историческа устойчивост на избирателните навици в различните области на дадена страна.

Резултатите, обсъдени тук, потвърждават, че изборите представляват явления, които могат да бъдат разбрани количествено с принципите и инструментите на физиката. Тази нова изследователска линия едва започва да навлиза в богатството на информацията, съдържаща се в данните за изборите. Тя обещава да осветли процесите на вземане на решение от гласоподавателите и може да окаже съществено влияние върху политиката на правителства и партии, върху изработването на избирателни системи и организацията на политически кампании.

Допълнителни ресурси

* M. Buchanan, *The Social Atom: Why the Rich Get Richer, Cheaters Get Caught, and Your Neighbour Usually Looks Like You*, Bloomsbury, New York (2007).

* C. Castellano, S. Fortunato, V. Loreto, „Statistical physics of social dynamics”, *Rev. Mod. Phys.* 81, 591 (2009).

* R. N. Costa Filho et al., „Scaling behaviour in a proportional voting process”, *Phys. Rev. E* 60, 1067 (1999).

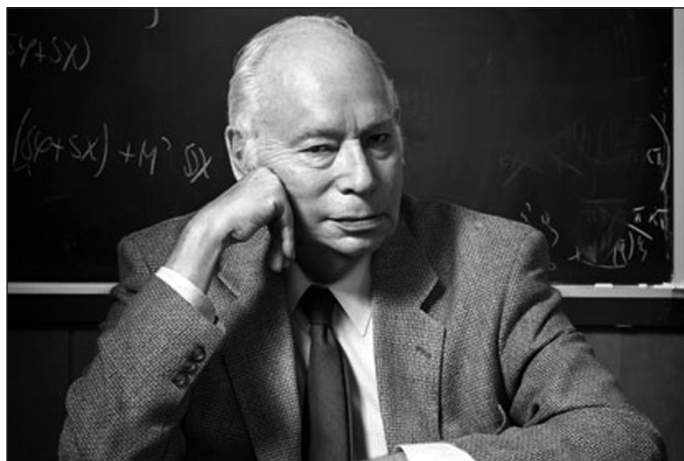
Превод: **Е. Кръстева**

Източник: S. Fortunato and C. Castellano, *Phys. Today* 65 (10), 74 (2012)

МОЖЕ ЛИ НАУКАТА ДА ОБЯСНИ ВСИЧКО? ИЛИ КАКВОТО И ДА Е?

Стивън Уайнбърг

Някои философи прокарават граница между представата за „обяснение“ и „описание“. Те твърдят, че науката е в състояние да опише елементи на природата, но не и да ги обясни. За много учени това е разграничение без наличие на разлика. Носителят на Нобелова награда физикът Стивън Уайнбърг, убедителен защитник на мястото на науката в света на идеите, се спира лице в лице с това разграничение, за да покаже с конкретни примери, че науката наистина обяснява.



Една вечер преди няколко години неколцина факултетски преподаватели в Тексаския университет разказвахме пред група студенти от курса за бакалаври каква е спецификата на работата във всяка от съответните ни дисциплини. Аз очертах огромния прогрес, постигнат от нас физиците, в обяснението на известните от експеримента факти относно елементарните част

тици и полетата, за това, как като студент аз трябваше да научавам огромно разнообразие от най-различни факти относно частици, сили и симетрии и как в рамките само на десетилетието от средата на 1960-те до средата на 1970-те години всичките тези разпокъсани сведения намериха своето обяснение в така наречения Стандартен модел на елементарните частици и цялата смесица от факти относно частиците и силите можеше да се изведе математически от само няколко на брой съвсем прости принципа, така че откъм общността на физиците се чу една мощна групова въздишка на облекчение „Аха!“.

След моите бележки колега от факултета (учен, но не със специалност по елементарни частици) коментира: „Е, ти, разбира се, знаеш, че науката в действителност не обяснява нещата – тя само ги описва“. И по-рано бях чувал подобно мнение, но този път бях твърде изненадан, тъй като у мен беше се затвърдило убеждението, че ние много добре се справяме с обяснението, а не просто с описанието на наблюдаваните свойства на елементарните частици и действащите между тях сили^[1].

Смятам, че забележката на моя колега вероятно е произтекла от своеобразна

позитивистка боязън, широко разпространена сред философите на науката в периода между двете световни войни. Според прословутата фраза на Лудвиг Витгенщайн „в основата на цялостния съвременен възглед за света стои илюзията, че така наречените природни закони представляват обяснения на природните явления”.

Бихме могли да предположим, че нещо е обяснено, когато сме намерили неговата причина, но в една влиятелна статия от 1913 г. Бертран Ръсел заявява, че „думата причина е толкова силно преплетена с подвеждащи асоциации, че това прави желателно нейното пълно изгонване от философския речник”^[2]. Това оставя философите като Витгенщайн със само един – телеологичен по своята същност – кандидат за различаване между обяснение и описание, който дефинира обяснението като твърдение относно целта на обясняваното нещо.

В новелата „Там, където ангелите се боят да стъпят” Е.М. Форстър предлага хубав пример за телеология, която формира разликата между описание и обяснение. Филип се опитва да разбере защо приятелката му Каролайн прави усилия да се осъществи брак между сестрата на Филип и един млад италианец, когото семейството на Филип не одобрява. След като Каролайн му пресъздава всички разговори, които е имала със сестра му, Филип ѝ казва: „Но това, което ти ми разказваш, е описание, а не обяснение”. Всеки разбира какво има предвид Филип: когато иска да получи обяснение, той желае да узнае какви са целите на Каролайн. В законите на природата не се съдържа никаква цел и тъй като Витгенщайн и моят колега не знаят друг начин да направят разлика между описание и обяснение, те правят извода, че тези закони не биха могли да представляват обяснения. Възможно е някои от хората, които говорят, че науката описва, но не обяснява, целят също така да сравнят науката по неблагоприятен начин с теологията, която според техните представи обяснява нещата посредством позоваване на някакъв вид божествена цел – една отхвърлена от науката задача.

Този начин на разсъждаване ми се струва погрешен не само по същество, но и като процедура. Не е работа нито на философите, нито на кой да е друг да придава на думите смисъл, различен от смисъла в обичайната им употреба. Вместо да се говори, че учените грешат, когато казват, както обикновено правят това, че вършейки работата си, те обясняват нещата, философите, които са загрижени относно смисъла на обяснението в науката, би трябвало да се опитат да разберат какво правят учените, когато казват, че обясняват нещо. Ако аз трябва да дам априорна дефиниция на обяснението във физиката, бих казал, че „обяснението във физиката е онова, което физиците са направили, когато казват Аха!”. Обаче априорните дефиниции (включително и тази) не са от особена полза.

Доколкото аз мога да кажа, това беше много добре разбрано от философите на науката поне след Втората световна война. Съвременната литература върху природата на обяснението е в изобилно количество и от онова, което аз съм прочел, стигам до заключението, че днешните философи са на прав път по тези въпроси – те опитват да разработят отговор на въпроса: „Какво правят учените, когато обясняват нещо?”, като се вглеждат в онова, което учените в действителност правят, когато казват, че обясняват нещо.

Учените, които правят чисти, а не приложни изследвания, обикновено казват на обществеността и на финансиращите институции, че тяхната мисия е да обясняват едно или друго нещо, така че задачата за изясняването на същността на обяснението за тях е от съществено значение, така както и за философите. На мен ми се струва, че тази задача е малко по-лека във физиката (и в химията) в сравнение с другите науки, тъй като философите на науката са се занимавали с проблема за смисъла на обяснението на дадено събитие (да си спомним, че Витгенщайн се позовава на „природни явления“), докато физиците се интересуват от обяснението на закономерностите, на физическите принципи, а не на отделните явления.

Биолозите, метеоролозите, историците и т.н. се интересуват от причините за отделните явления, каквото е изчезването на динозаврите, снежната буря от 1888 г., Френската революция и т.н., докато физикът само тогава започва да се интересува от едно явление, подобно на замъгляването на фотографските плаки на Бекерел, които през 1897 г. са били поставени в близост до уранова сол, когато събитието разкрива някаква природна закономерност, каквато е нестабилността на урановия атом. Философът Филип Кичър се опита да възобнови идеята, че за да се обясни дадено явление, трябва да се постигне неговата причина. Но кое от безкрайния брой неща, които биха могли да повлияят върху дадено явление, би трябвало да се разглежда като негова причина^[3]?

В ограничените рамки на физиката според мен би могъл да се даде подобаващ отговор на проблема за отличаването на обяснението от простото описание, така че да се обхване онова, което физиците имат предвид, когато казват, че са обяснили някаква закономерност. Този отговор е, че ние обясняваме даден физически принцип, когато показваме, че той може да бъде изведен от друг по-фундаментален физически принцип. За съжаление – ако перифразирам нещо, което Мери Маккарти каза веднъж за книга на Лилиан Хелман, – всяка дума в тази дефиниция има спорно значение, включително „ние“ и „даден“. Обаче тук аз ще насоча вниманието си към три думи, които според мен представляват най-голяма трудност: думите „фундаментален“, „изведен“ и „принцип“.

Проблемната дума „фундаментален“ не може да бъде изключена от тази дефиниция, защото самият извод не носи идея за посока – той често функционира двупосочно. Най-добрият пример, който познавам, се дава от взаимоотношението между законите на Нютон и законите на Кеплер. Добре знаем, че Нютон открива не само закон, според който силата на гравитацията намалява обратно пропорционално на квадрата на разстоянието, но също така и закон за движението, който определя как телата се движат под действието на различни видове сила. Малко по-рано Кеплер е описал трите закона за планетното движение: планетите се движат по елипса, в един от фокусите на която е Слънцето; линията, свързваща коя да е от планетите със Слънцето, описва еднакви площи за еднакви времена; квадратите на периодите (времената, за които различните планети описват своите орбити) са пропорционални на кубовете от големите диаметри на планетните орбити.

Обикновено се казва, че Нютоновите закони обясняват Кеплеровите. Но в исторически план Нютоновият закон за гравитацията е изведен от Кеплеровите закони

за планетното движение. Едмънд Халей, Кристофър Рен и Робърт Хук – и тримата използват Кеплеровото съотношение между квадратите на периодите и кубовете на диаметрите (приема се, че орбитите са кръгови), за да изведат закон на гравитацията, следващ обратни квадрати от разстоянието, а след това Нютон обобщава извода за елиптични орбити. В днешно време, разбира се, когато изучаваме механиката, ние се научаваме как да извеждаме Кеплеровите закони от Нютоновите, а не обратно. Ние сме твърдо убедени, че Нютоновите закони са по-фундаментални от Кеплеровите и тъкмо в този смисъл Нютоновите закони обясняват Кеплеровите, а не обратно. Но не е лесно да се вложи точна представа в схващането, че един физически принцип е по-фундаментален от друг.

Съблазнително е да кажем, че по-фундаментален означава по-обхванен. Може би най-известният опит да се улови смисълът, който учените влагат в идеята за обяснение, е този на Карл Хемпел. В известната статия от 1948 г., написана в съавторство с Пол Опенхайм, той отбелязва, че „обяснението на една обща закономерност се състои в поместването ѝ в друга, по-обхватна закономерност, в обхвата на един по-общ закон”^[4]. Но това не сменя затруднението. Например бихме могли да кажем, че Нютоновите закони управляват не само движенията на планетите, но също морските приливи и отливи на Земята, падането на плодове от дърветата и т.н., докато Кеплеровите закони се отнасят до по-ограничения контекст на планетните движения. Но това не е съвсем вярно. До степеня, до която класическата механика изобщо е валидна, Кеплеровите закони управляват също така движението на електроните около атома, където гравитацията е без значение. Така че съществува смисъл, в който Кеплеровите закони притежават общност, каквато законите на Нютон нямат. И при все това на нас ще ни се стори абсурдно твърдението, че Кеплеровите закони обясняват Нютоновите, докато всички (с изключение, може би, на някой философ пурист) приемат с одобрение твърдението, че Нютоновите закони обясняват законите на Кеплер.

Този пример с Нютоновите и Кеплеровите закони е малко нещо изкуствен, доколкото реално няма съмнение кой е обяснение на другия. Но в други случаи въпросът за това, кое на кое е обяснението, е по-труден и по-съществен. Ето един пример. Когато приложим квантовата механика към Айнщайновата обща теория на относителността, установяваме, че енергията и импулсът в гравитационно поле съществуват във вид на порции, наречени гравитони – частици с нулева маса, подобно на частицата на светлината, фотона, но със спин две (т.е. двойно спина на фотона). От друга страна, беше доказано, че всяка частица, чиято маса е нулева и чийто спин е равен на две, ще има точно същото поведение като това на гравитоните в общата теория на относителността и че обмяната на тези гравитони ще създаде точно тези гравитационни ефекти, които се предсказват от общата относителност. Наред с това струнната теория прави общото предсказание, че трябва да съществуват частици с нулева маса и спин две. Тогава можем ли да сметнем, че съществуването на гравитона се обяснява от общата теория на относителността или че общата теория на относителността се обяснява от съществуването на гравитона? Това не знаем. Върху отговора на този въпрос се гради

изборът на нашия възглед за бъдещето на физиката – дали тя да се основава върху пространствено-времевата геометрия, както е в общата относителност, или върху теория, която по подобие на струнната теория предсказва съществуването на гравитони?

Схващането, че обяснението е равносилно на извод, също се натъква на затруднения, когато разглеждаме физически принципи, които създават впечатлението, че превишават принципите, от които са изведени. Това е особено валидно за термодинамиката – науката за топлината, температурата и ентропията. След като през деветнайсетия век законите на термодинамиката са били формулирани, Лудвиг Болцман успява да изведе тези закони от статистическата механика – физиката на макроскопичните образци от вещество, съставени от огромен брой отделни молекули. Болцмановото обяснение на термодинамиката в термините на статистическата механика добива широко признание, макар че среща съпротива от Макс Планк, Ернст Цермело и още някои физици, които са се придържали към стария възглед за термодинамичните закони като за самостоятелни физически принципи, също толкова фундаментални, колкото и всички други. Но ето че трудът на Джейкъб Бекенстейн и на Стивън Хокинг през двайсети век показва как термодинамиката е приложима също към черните дупки – и то не защото те са съставени от много молекули, а просто защото имат повърхност, от която никоя частица и никой светлинен лъч не може да се изтръгне. Ето как термодинамиката като че ли надхвърля статистическата механика на многочастичните системи, от които тя първоначално е изведена.

При все това аз съм готов да твърдя, че съществува определен смисъл, в който законите на термодинамиката не са толкова фундаментални, колкото са принципите на общата относителност или Стандартният модел на елементарните частици. Тук е важно да разграничаваме два различни аспекта на термодинамиката. От една страна, термодинамиката е формална система, която ни дава възможност да извеждаме интересни следствия от малко на брой прости закони, там където тези закони са валидни. Законите са валидни за черните дупки, валидни са и за бойлерите, а и за още много други системи. Но не са общовалидни. Термодинамиката няма смисъл, ако се прилага за единичен атом. За да изясним дали законите на термодинамиката са валидни за една определена система, трябва първо да се запитае дали законите на термодинамиката могат да се изведат от онова, което знаем за тази система. Понякога може, а понякога – не. Самата термодинамика никога не обяснява нищо – ние винаги трябва да се питае дали термодинамиката е валидна за дадена система и правим това, като извеждаме законите на термодинамиката от които и да са по-фундаментални принципи, които са валидни за тази система.

В това отношение аз не виждам голяма разлика между термодинамиката и Евклидовата геометрия. В края на краищата Евклидовата геометрия е валидна в поразяващо голям брой случаи. Ако трима души се договорят всеки един от тях да измери ъгъла, под който вижда другите двама, а после съберат тези ъгли, сумата ще бъде 180 градуса. И същите 180 градуса ще се получат за сумата от ъглите на триъгълник, описан от стоманени пръчки или от линии, начертани с молив върху лист хартия. Така бихме

могли да заключим, че геометрията е по-фундаментална от оптиката и механиката. Но Евклидовата геометрия е формална система от изводи, основаващи се върху постулати, които може да са валидни, а може и да не са валидни в дадена ситуация. Както научихме от Айщайновата обща теория на относителността, Евклидовата система не е валидна в гравитационни полета, въпреки че е много добро приближение в относително слабо гравитационно поле на Земята, за което тя е развита от Евклид. Когато прилагаме Евклидовата геометрия, за да обясним нещо в природата, неявно се опираме на общата относителност, за да обясним защо Евклидовата геометрия е валидна за конкретния случай.

Когато говорим за дедукция, ние се натъкваме на друг проблем: кой е този, който извършва дедукцията? Често казваме, че нещо е обяснено от нещо друго, без в действителност да сме в състояние да го изведем. Така например след създаването на квантовата механика към средата на 20-те години на миналия век, когато за пръв път става възможно да бъдат изчислени по ясен и разбираем начин спектърът и свързочната енергия на водородния атом, много физици незабавно направиха извод, че цялата химия е обяснена от квантовата механика и от закона за електростатичното привличане между електроните и атомните ядра. Физици като Пол Дирак провъзгласиха, че вече цялата химия е станала разбираема. Но те още не бяха успели да изведат химическите свойства на молекулите освен свойствата на най-простата водородна молекула. Физиците бяха уверени, че всичките тези химически свойства са следствия от законите на квантовата механика, приложени към ядрата и електроните.

Натрупаният с времето опит потвърди това. Сега ние фактически можем да изведем свойствата на доста сложни молекули – не на толкова сложни молекули, каквито са протеините или ДНК, но все пак на някои доста впечатляващи органични молекули, – като правим сложни компютърни изчисления, основани върху квантовата механика и върху законите на електростатичното привличане. Почти всеки физик би казал, че химията се обяснява от квантовата механика и простите свойства на електроните и атомните ядра. Но химическите явления никога няма да бъдат напълно обяснени по този начин, така че химията ще си остане като отделна дисциплина. Химиците не наричат себе си физици, те имат отделни списания и умения, различни от тези на физиците. Трудно е да се изучават сложни молекули по методите на квантовата механика, но въпреки това ние знаем, че физиката обяснява защо химическите съединения са такива, каквито са. Обяснението не е в нашите книги, то не е и в нашите научни статии – то е в природата, то гласи, че законите на физиката изискват химическите съединения да се държат по определен начин.

Подобни разсъждения са валидни и за други области на физическата наука. Като част от Стандартния модел ние разполагаме с достатъчно добре потвърдена теория на силното ядрено взаимодействие – взаимодействието, което свързва както частиците в ядрото, така и частиците, съставляващи тези частици, – известна като квантова хромодинамика, за която ние имаме увереността, че обяснява защо протонната маса е такава, каквата е. Масата на протона се създава от силните взаимодействия, с които кварките

вътре в протона взаимодействат помежду си. Това не значи, че ние в действителност можем да изчислим масата на протона; аз даже не съм сигурен, че ние разполагаме с добър алгоритъм за извършването на това изчисление, но все пак около масата на протона няма никакво усещане за тайнственост. Ние имаме усещането, че знаем защо тя е такава, каквато е – не в смисъл, че сме я изчислили или даже че бихме могли да я изчислим, а в смисъл, че квантовата хромодинамика би могла да я изчисли – стойността на протонната маса е следствие от принципите на квантовата хромодинамика, при все че не знаем как да направим изчислението.

Дже в този ограничен смисъл може да се окаже твърде важно да разберем, че нещо е било обяснено, защото това може да ни подсказва стратегическото усещане, върху какви проблеми да работим. Ако искаш да работиш върху изчисляването на протонната маса, давай смело напред. Това би била забележителна демонстрация на изчислително умение, но не би придвижило напред нашето разбиране за природните закони, защото ние вече разбираме достатъчно добре силното ядрено взаимодействие, за да сме сигурни, че никакви нови природни закони няма да са нужни за това изчисление.

Друг пример с обяснение във вид на извод: в някои случаи ние можем да изведем нещо, без да го обясним. Това може да прозвучи доста странно, но нека разгледаме следната малка история. Когато физиците започнаха да приемат сериозно космологията на Големия взрив, едно от нещата, които те направиха, беше да изчислят производството на леки елементи през първите няколко минути от разширяването на Вселената. За целта бяха написани всичките уравнения, които управляват скоростите, с които протичат различните ядрени реакции. Скоростта на изменение на количеството (или „изобилието“, както биха се изразили физиците) на кой да е вид ядра е равна на една сума от членове, като всеки член е пропорционален на изобилието на други ядрени видове. По този начин стигаме до голяма система от свързани помежду си диференциални уравнения, които после въвеждаме в компютър, а той ни дава числово решение.

Когато тези уравнения бяха решени към средата на 60-те години на XX в. от Джеймс Пийбълс, а по-късно и от Робърт Уагонър, Уилям Фаулър и Фред Хойл, беше установено, че след първите няколко минути една четвърт от масата на Вселената остава под формата на хелий, а почти всичко останало е водород и много малки количества други елементи. Тези изчисления разкриха заедно с това определени закономерности. Така например, ако въведем в теорията нещо, което да ускори разширението, например да добавим още неутрино, ние бихме установили, че ще започне да се произвежда повече хелий. Това в някаква степен противоречи на интуицията: бихме могли да сметнем, че ускореното разширение на вселената ще остави по-малко време за ядрените реакции, които произвеждат хелий, но в действителност пресмятанията показват, че то увеличава количеството на произведения хелий.

Обяснението не е трудно, макар че не може лесно да се види от получения на компютъра резултат. Докато вселената се разширява и охлажда през първите няколко минути, възникват ядрени реакции, при които от първичните протони и неутрони

се създават сложни ядра. Но тъй като плътността на веществото е била относително ниска, тези реакции са могли да протичат само последователно: първо се събират няколко протона и неутрона, за да образуват ядрото на тежкия водород – деутрона, а после се комбинират деутрони с протони или с неутрони или с други деутрони, за да образуват по-тежки ядра като тези на хелия. Обаче деутроните са много крехки, те са относително слабо свързани, така че практически никакви деутрони не се създавали, докато температурата в края на първите три минути не паднала до около милиард градуса. През цялото това време неутроните се превръщат в протони точно както свободните неутрони правят това днес в нашите лаборатории.

Когато температурата падне до милиард градуса и стане достатъчно хладно, за да могат деутроните да се запазват, тогава всички оставащи неутрони бързо се поглъщат, за да образуват деутрони, а деутроните след това се превръщат в хелий – извънредно стабилно ядро. Нужни са два неутрона, както и два протона, за да се образува хелиево ядро, така че броят на възникналите по това време хелиеви ядра е точно равен на половината от оставащите неутрони. Следователно критичното условие, което определя количеството на създадения в ранната вселена хелий, е колко от неутроните са се разпаднали, преди температурата да падне до милиард градуса. Колкото по-бързо протичало разширението, толкова по-рано температурата е падала до милиард градуса, така че неутроните са разполагали с по-малко време за разпад, което значи, че повече от тях се запазват и затова е бил създаден повече хелий. Това е обяснението на получените с компютъра изчислителни резултати; но обяснението не можеше да бъде намерено в произведените от компютъра графики, показващи изобилието, отнесено към скоростта на разширяване.

По-нататък, макар аз да казах, че физиците се интересуват само от обяснението на общите принципи, не е напълно ясно какво е принцип и какво е проста случайност. Понякога онова, което ние смятаме за фундаментален природен закон, в действителност е чиста случайност. Пример взимаме отново от Кеплер. Днес ние го знаем главно заради неговите знаменити три закона за движението на планетите, но в своята младост той също е опитал да обясни диаметрите на планетните орбити, като е използвал сложна геометрична конструкция, включваща правилни многостенници. Днес това ни кара да се усмихваме, защото ние знаем, че разстоянията на планетите от Слънцето отразяват случайностите, възникнали в слънчевата система по времето, когато тя се е образувала. Ние не бихме опитвали да обясним диаметрите на планетните орбити като следствие от някакъв фундаментален закон.

В известен смисъл обаче съществува нещо като приблизително статистическо обяснение за разстоянието на Земята от Слънцето^[5]. Ако запитате защо Земята е на около сто и петдесет милиона километра от Слънцето, а не на двеста милиона или на сто милиона километра или повече, или по-малко, един възможен отговор би бил, че ако Земята е много по-близо до Слънцето, тогава на нас ще ни бъде твърде горещо, а ако е по-далеч от Слънцето, ще ни бъде твърде студено. Така формулирано, това обяснение звучи доста глупаво, защото знаем, че при образуването на Слънчевата

система не е съществувало никакво предварително знание за човешки същества. Но съществува смисъл, в съответствие с който това обяснение не е така глупаво, защото във Вселената има безброй планети, така че даже ако само малка част от тях са на правилното разстояние от тяхната звезда и ако те имат правилната маса и химически състав и така нататък, за да позволи да еволюира живот, няма да е много учудващо, ако създания, които се интересуват от разстоянието на тяхната планета до Слънцето, установят, че те обитават една от планетите в тази малка част.

Този вид обяснение е известен като антропо схващане и както можем да видим, то не предлага кой знае колко полезно гледище за физиката на Слънчевата система. Но антропните аргументи могат да станат много важни, когато бъдат приложени към онова, което обикновено наричаме Вселена. Космолозите все по-настойчиво твърдят, че точно както Земята е само една от многото планети, така също и Големият взрив – огромното разширение на Вселената, в която ние живеем, може да се окаже само един от многото взривове, които възникват спорадично тук и там в една много по-голяма мегавселена. По-нататък те допускат, че в това множество от различни Големи взривове някои от предполагаемите природни константи имат различни стойности и че вероятно някои от закономерностите, които наричаме природни закони, имат различни форми. В този случай въпросът защо законите на природата, които откриваме, и природните константи, които измерваме, са такива, каквито са, би имал подчертано телеологично обяснение, а именно, че само при този вид Голям взрив би съществувал някой, който да зададе този въпрос.

Аз определяно се надявам да не бъдем въвлечени в този вид разсъждения и че ние ще открием такава изключителна съвкупност от природни закони, които обясняват защо всички природни константи са такива, каквито са. Но не трябва да забравяме, че съществува възможност онези неща, които днес наричаме закони на природата и природни константи, да се окажат случайни свойства на Големия взрив, в който ние се оказваме, макар да съществуват ограничения (като това за разстоянието на Земята от Слънцето), свързани с изискването тези свойства да бъдат в такъв диапазон, който позволява появата на същества, способни да питат защо са такива, каквито са.

Обратно, възможно е също така някакъв клас от явления да се разглежда като чисти случайности, докато в действителност те да са прояви на фундаментални физически принципи. Струва ми се, че това може да бъде отговорът на един исторически въпрос, който ме озадачава от много години. Защо Аристотел (а наред с него още много други природоизпитатели и особено Декарт) е бил удовлетворен от теория на движението, която по никакъв начин не предсказва къде ще се намира едно хвърлено тяло или едно падащо тяло във всеки един момент от неговото летене – предсказание от вида на онова, което Нютоновите закони наистина дават? Според Аристотел веществата имат склонността да се движат към техните естествени положения: естественото положение на земята е надолу, естественото положение на огъня е нагоре, а водата и въздухът естествено са някъде по средата, но Аристотел не се опитва да каже колко бързо парче земя пада надолу или искра лети нагоре. Аз не питам защо Аристотел не

е открил Нютоновите закони – очевидно някой е трябвало да бъде пръв откривател на тези закони и първата награда се пада на Нютон. Онова, което ме озадачава, е защо Аристотел не изказва никакво недоволство от това, че не сме знаели как да пресмятаме положенията на хвърлени тела във всеки момент от техния полет. Както личи, той не е разбирал, че това е проблем, който всеки един от нас би трябвало да решава.

Подозирам, че това е било така, защото Аристотел неявно е допускал, че скоростите, с които телата се движат към своите естествени места, са чисти случайности, че те не се подчиняват на правила, че ние не бихме могли да изкажем никакво общо твърдение за тях (с изключение, че тежките тела падат по-бързо от леките), че единствените неща, относно които могат да се изказват общи твърдения, са въпросите за равновесието – местата, в които телата ще останат неподвижни. Това вероятно е било отражение на широко разпространеното пренебрежение към промените, споделяно от древногръцките философи, както проличава например от възгледите на Парменид, от когото се е възхищавал Аристотеловият учител Платон. Аристотел, разбира се, е грешал относно това, но ние трябва да си представим онова време, когато съвсем не е изглеждало очевидно, че движението се управлява от точни математически правила, които биха могли да се открият. Доколкото ми е известно, това не се е разбирало, докато Галилей започнал да измерва колко време ще е нужно на топки да се изтъркалят на различни разстояния надолу по наклонени равнини. Една от големите задачи на науката е да изясни какво е случайност и какво е закономерност, а отговорът на този въпрос не винаги можем да знаем предварително.

И ето че сега, след като деконструирах думите „фундаментален”, „извеждам” и „принцип”, остава ли нещо от моето предложение, според което във физиката ние даваме обяснение на даден принцип, когато го извеждаме от по-фундаментален принцип? Да, смятам, че остава, но само в исторически контекст – като визия за бъдещето на науката. Ние се движим устойчиво към една удовлетворителна картина на света. Надяваме се, че в бъдеще ще сме постигнали разбиране за всички закономерности, които виждаме в природата – разбиране, основано върху няколко прости принципа, закони на природата, от които всички останали закономерности могат да бъдат изведени. Тези закони ще бъдат обяснението на всякакъв вид принципи (каквито например са правилата на Стандартния модел или на общата относителност), които могат да бъдат непосредствено изведени от тях, и тези пряко изведени принципи ще представляват обясненията на всички принципи, които могат да бъдат изведени от тях, и така нататък. Само когато разполагаме с тази окончателна теория (1), ние уверено ще знаем какво е принцип и какво е случайност, кои факти относно природата имат за следствия кои принципи и кои са фундаменталните принципи и кои са по-малко фундаменталните принципи, които те обясняват.

Тук направих най-доброто, което мога да кажа относно това, дали науката може да обясни каквото и да е, така че нека сега се заема с въпроса, дали науката може да обясни всичко. Ясно е, че не. Със сигурност винаги ще има случайности, които никой няма да обясни, и то не защото те не биха могли да бъдат обяснени, ако знаехме точно

всички условия, довели до тях, а защото ние никога няма да знаем всичките тези условия. Съществуват въпроси като например защо генетичният код е точно такъв, какъвто е, или защо дадена комета е паднала на Земята преди 65 милиона години точно на определено място, а не някъде другаде, които въпроси вероятно завинаги ще останат извън нашите възможности. Ние например не можем да обясним защо куршумът на Джон Уилкс Бут е убил Линкълн, докато пуерториканските националисти не успяват да застрелят Труман. Бихме постигнали частично обяснение, ако имяхме свидетелство, че един от стрелците е бил блъснат в момента, когато е дръпнал спусъка, но такова свидетелство няма. Всяка подобна информация е загубена в мъглата на времето; събитията се определят от случайности, които никога няма да можем да възстановим. Вероятно бихме могли да опитаме да ги обясним статистически; например бихме могли да обсъждаме теорията, че южняшките актьори от средата на XIX век са били добри стрелци, докато пуерториканските националисти от средата на XX век като цяло са били слаби стрелци; но когато разполагаме само с няколко несвързани части от информация, много трудно е да се направят даже статистически изводи. Физиците се опитват да обясняват тъкмо онези неща, които не зависят от случайности, но в реалния свят повечето от нещата, които се опитваме да разберем, в действителност, зависят от случайности.

И още: науката никога няма да е в състояние да обясни който и да е морален принцип. Както изглежда, между въпросите, свързани с „е“, и въпросите, свързани с „трябва“, съществува непреодолима пропаст. Вероятно ще можем да обясним защо хората смятат, че трябва да правят определени неща или защо човешката раса така е еволюирала, че да усеща кои неща трябва да се правят, а кои не трябва, но за нас остава открит въпросът, как да обясним тези биологично обосновани морални правила. Възможно е например нашият биологичен вид така да е еволюирал, че мъжете и жените да играят различни роли – мъжете да ловуват и да се бият, а жените да раждат и да се грижат за децата, но ние можем да опитаме да променим обществото така, че всички видове дейности да са достъпни за жените в такава степен, в каквата са достъпни за мъжете. Моралните постулати, които ни казват дали да правим така, или да не правим така, не могат да бъдат изведени от нашето научно знание.

Съществуват също така и граници на нашата увереност в обясненията. Не мисля, че някога ще добием увереност в кое да е от тях. Точно както съществуват дълбоки математически теореми, които показват невъзможността да се докаже, че аритметиката е непротиворечива, много вероятно е да се окаже, че ние никога няма да сме в състояние да докажем, че най-фундаменталните природни закони са математически непротиворечиви. Е, това не ме безпокои, защото даже да знаехме, че природните закони са математически непротиворечиви, ние не бихме били сигурни, че те са верни. Човек престава да се безпокои относно тази сигурност, след като е направил избора на кариерата си и решава да стане физик, а не математик.

Накрая струва ми се ясно, че ние никога няма да сме в състояние да обясним нашите най-фундаментални научни принципи. (Може би по тази причина някои хора

заявяват, че науката не предлага обяснения, но по същата логика не прави и нищо друго.) Смятам, че в крайна сметка ние ще стигнем до някаква съвкупност от прости универсални природни закони – закони, които не можем да обясним. Единственият вид обяснение, който мога да си представя (ако само не открием някаква по-дълбока съвкупност от закони, която ще изтласка въпросите още по-назад), е да покажем, че математическата непротиворечивост изисква тези закони. Но това определено не е възможно, защото още сега можем да си представим такива съвкупности от природни закони, които математически са напълно непротиворечиви, но не описват природата така, както я наблюдаваме.

Така например, ако вземем Стандартния модел на елементарните частици и изхвърлим от него всичко с изключение на силните ядрени взаимодействия и на частиците, върху които те действат, т.е. кварките и глюоните, ние ще останем с теория, известна като квантова хромодинамика. Можем да смятаме, че квантовата хромодинамика е математически непротиворечива, но тя описва една твърде обеднена Вселена, в която съществуват само ядрени частици – няма атоми, няма хора. Ако се откажем от квантовата механика и относителността, тогава ще можем да изградим огромно разнообразие от други логически непротиворечиви природни закони, подобни на Нютоновите закони, описващи няколко частици, които безкрайно се въртят една около друга в съответствие с тези закони, без да има нищо друго във Вселената и нищо никога да не се случва. Това са логически непротиворечиви теории, но те всички са твърде обеднени. По всяка вероятност нашата най-добра надежда за окончателно обяснение е да открием съвкупност от окончателни природни закони и да покажем, че това е единствената логически непротиворечива богата теория – достатъчно богата, че например да позволи нашето съществуване. Това може да стане след едно или две столетия и ако наистина се осъществи, тогава, мисля, физиците ще се окажат на върха на своята способност за обясняване.

Бележки на автора

[1] Тази статия е основана върху лекция, изнесена на симпозиума „Науката и границите на обяснението”, Амхърст, есента на 2000 г.

[2] „Върху понятието причинност”, в: Мистицизъм и логика, Doubleday, 1957, с. 174.

[3] Има един пример за трудността, която срещаме при опита да обясним събитията в термините на причините, който много често се цитира от философите. Да предположим, че е установено, че кметът има пареза. Може ли това да бъде обяснено с факта, че кметът е имал неизлекувано заболяване от сифилис преди няколко години? Проблемът с това обяснение е, че повечето хора с неизлекуван сифилис в действителност не заболяват от пареза. Ако можехме да проследим поредицата от събития, довели от сифилис до пареза, ние бихме открили твърде много други неща, които са играли съществена роля – възможно е някаква спирохета да се е усукала така, а не иначе, възможно е кметът също да е имал някаква витаминозна недостатъчност – кой знае? И все пак ние усещаме, че в някакъв смисъл сифилисът на кмета е обяснението за неговата пареза. Възможно е това да е така, защото сифилисът е най-силният

фактор измежду многото причини, довели до такъв резултат, а и очевидно това би бил най-релевантният политически фактор.

[4] Carl Hempel and Paul Oppenheim, „Studies in the Logic of Confirmation”. Philosophy of Science, vol. 15, No 135 (1948), pp.135-175; публикувано с някои промени в Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Science (Free Press, 1965).

[5] Професор Р. Ханкинсън от университета на Тексас насочи вниманието ми към Гален като един ранен пример за подобно „обяснение”. Естествено, като пише 1400 години преди Коперник, Гален иска преди всичко да обясни положението на Слънцето, а не на Земята. В съчинението „Върху ползата от различните части на тялото” той сравнява своето обяснение за положението на Слънцето с обяснението на положението на човешкото стъпало в края на крака: както Слънцето, така и стъпалото са поставени от създателя там, където те ще принасят най-голяма полза.

Въпреки че тези обяснения са телеологични по начин, който съвременната наука отрече, аналогията на Гален е по-добра, отколкото той е предполагал. Точно както Земята е една от огромен брой планети, чиито разстояния от техните звезди са до голяма степен въпрос на случайност, така също и положението на стъпалото е резултат от голям брой случайни мутации в еволюцията на нашите гръбначни предшественици. Ако даден организъм в резултат на верига от случайни мутации се сдобие със стъпало в устата, той не би оцелял, за да предаде гените си на своите потомци, така както ако планета, която по случайност е кондензирала твърде близо или твърде далеч от своята звезда, не би станала убежище на философи.

Бележка на преводача

(1) Вж. „Светът на физиката”, том 22 (1999); Четиво с продължение: Стивън Уайнбърг. Мечти за окончателна теория.

Превод: **М. Бушев**

Steven Weinberg. Can Science Explain Everything? Anything?
The New York Review of Books. Vol. 48, No 9, May 31, 2001.

АКАДЕМИК ЖУЛИЕН ГРИЙН, АБАТ ЖОРЖ ЛЬОМЕТЪР И РАЗШИРЯВАЩАТА СЕ ВСЕЛЕНА

Нъшан Ахабабян

„Две крайности: да изключим разума, да се уповаваме само на него.”
Блез Паскал [1]

„Могат да се прочетат стотици книги за Бога, но те никога не ще ни кажат това, което казва небето за секунда. Гледаме го, а сетне нищо няма значение. Вече няма смърт, няма заплахи, няма скръб.” Това записва Жулиен Грийн в дневника си (17 август 1960), след като: „Към три часа сутринта не можех да спя и отидох на прозореца, откъдето гледах небето. Никога не съм виждал по-хубаво небе, нито в Корсика, нито в Африка. Звездите са все едно разхвърлени с шепи по лика на черната бездна. На човек почти му се струва, че улавя този жест. Няма какво да се каже, освен че нещо отговаря на бездната” [2].

Кой е Жулиен Грийн (1900–1998)? Известен френски писател, роден в Париж в американско семейство със силни протестантски традиции, губи майка си на 14-годишна възраст, а след 2 години получава „просветление”, приема католицизма и заживява с искрена и дълбока вяра интензивен духовен живот. През Първата световна война той служи като санитар-доброволец в американския Червен кръст на италианския фронт. Обмисля да стане монах бенедиктинец, но заминава за САЩ и следва английска литература във Вирджиния. Там изживява събитие, което (по негови думи) преобръща живота му – платоничната любов към негов приятел. Оттогава с невероятна острота осмисля проблемите на връзката между тяло и душа, Изкушение и Благодат, Грях и Спасение и убягващите отговори... Живее обсебен от идеята за Вярата в смисъл, придаден ѝ от Свети Павел, като *безумство*. Пише на френски, автор на множество книги, пиеси, сценарии за филми, но най-голяма известност му носят Дневниците, които започва да води от 1926 г. и да публикува части от тях. Както сам определя, те са „отражение на моралните и религиозните тенденции, преживени във всекидневието”. През 1971 г. е избран за член на Френската академия – първият чужденец, представител на френската словесност сред *безсмъртните* [3]. Почива през 1998 г.

На 16 септември 1955 г. Грийн отбелязва: „Четох с голям интерес статията, публикувана в сп. „Лайф”, за непрекъснатото разширение на Вселената. Центробежното движение на всички планети е обяснено от един учен чрез факта, че преди пет милиарда години Вселената била едно единно цяло с трудно представимо сцепление, но науката има своите блянове. След което е настъпила един вид атомна експлозия, разбила ядрото на парчета, които продължават да шестват из пространството. Къде тогава е границата на пространството, къде е стената?”

И след близо две години (27 май 1957), попадайки на същия проблем, коментира:

„Прочитът на статия във „Фигаро литерер“, посветена на работите на астронома Льометър, ме стъписва, което е напълно обяснимо. Силата на Бога е ужасяваща. Забравяме го, защото звездният свят не се изменя пред очите ни, ала той експлодира, навлиза в пространството с невероятна скорост. Следствие на доброта на Създателя е, че само ни се открехва достъп до нещата, инак бихме живели в страх. Но нека си спомним, че Всемогъщият, комуто се подчиняват милиарди слънца, е този, който идва смирено да поиска нашата любов и с когото говорим по тъй разсеян и студен начин. Любовта, казва Данте, движи Слънцето и другите звезди. Бог е избрал пращинката, на която сме, за да изпрати тук своя Син, защото върху тази пращинка има души за спасяване и ако тази истина не побърква разума, то е само защото истината ни идва от вярата, която ни помага да я понесем”.

И не откъсва очи от небето (1 януари 1965): „Вчера вечерта, небето към десет часа. Шепи звезди, хвърлени в лицето на бездната, която говори своя странен език. Вярвам, че ако я гледам дълго време, ще си изгубя ума. От синьочерната бездна се носи силен безмълвен глас, отново повтарящ същото неизразимо нещо”. И след още няколко години: „Тази сутрин в четири часа се надигнах, за да гледам звездите върху черното небе и ми се стори, че казват неща, които никога не бихме могли да изразим. Все едно, че в тези огромни пространства се таи мисъл, която не сме в състояние да осъзнаем, ала въпреки всичко ни притегля”.

Без съмнение, тези размисли на Грийн, чиито интелектуални и духовни търсения са свързани с най-дълбоките и съществени екзистенциални въпроси на личността и човечеството изобщо, са породени от проникващите в по-широките просветени кръгове на обществото сведения, свързани с възобновените дискусии около новите научни хипотези (сценарии) за възникването на Вселената и нейната съдба. А за по-проникновените – от невероятния авторитет на научните постижения, достигнали апогея си през втората половина на XX век, и не на последно място – сложната, но

показателна за научните изследвания история на нейните творци – теоретици и експериментатори, в която са преплетени имената на немския еврей Алберт Айнщайн, на американеца Едуин Хъбъл, руснака Александър Фридман, холандеца Вилем де Ситер, белгийския абат Жорж Льометър и много други.

Кой е Жорж Льометър (Жорж Анри Жозеф Едуард Льометър, 1894–1966)? Белгийски католически свещеник и учен-астрофизик. Роден в Шарльороа, след средното си образование в йезуитския колеж в родния си град следва строително инженерство в Католическия университет

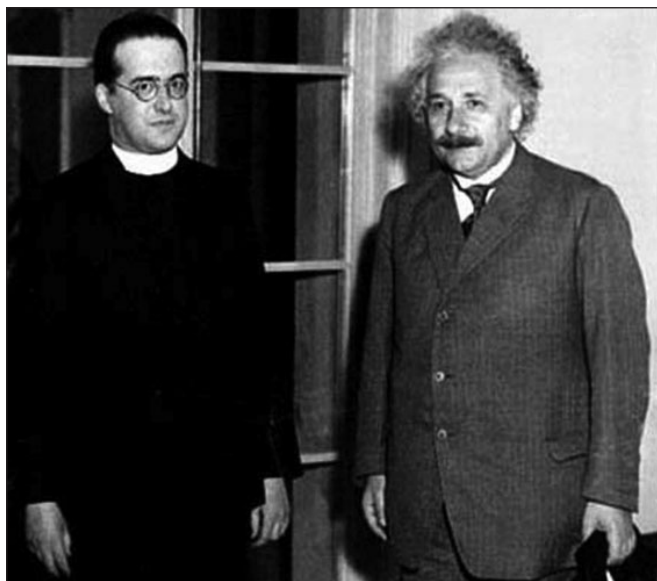


Писателят Жулиен Грийн –
член на Френската академия

в Лувен. Участва в Първата световна война като артилерийски офицер и е награден с „Кръст с палми”. След войната продължава образованието си по физика и математика, едновременно подготвяйки се за свещенически сан. Завършва университета с докторска дисертация на тема ”Апроксимации на функции с няколко реални променливи”. През същата 1923 г. след едногодишно обучение в семинарията в Мален той е ръкоположен за свещеник (абат) и заминава за Лондон да продължи образованието си в Кембридж при световно известния астрофизик сър Артър Едингтън, а след това специализира в Масачузетския университет в САЩ и при Харлоу Шепли (1885–1972), прочул се с изследванията си на спиралните мъглявини (както тогава са наричали тези обекти, известни днес като галактики). Докторската си дисертация на тема „Гравитационно поле в течности” той защитава през 1927 г., след което е назначен за преподавател в Католическия университет в Лувен. Тогава публикува и изследването си „Хомогенна Вселена с постоянна маса и нарастващ радиус...” [4], в което намира решения на стационарните гравитационни уравнения на Айнщайн, описващи нестатична Вселена. Този вариант на теорията обяснява и „червеното гравитационно отместване”, наблюдавано от Е. Хъбъл. За съжаление, тази работа, публикувана на френски език в малко известното белгийско издание *Annales de la Societe Scientifique de Bruxelles*, остава незабелязана. Льомертър се среща с Айнщайн на Солвеевската конференция през 1927 г. в Брюксел и му разказва за изследванията си. Коментарът на Айнщайн е: „*Вашиите пресмятания са верни, но Вашата физика е отворителна*”. Дотогава пространството и времето се приемат като устойчиви и неизменни и за да съгласува изводите на собствената си обща теория на относителността с това „естествено предположение”, Айнщайн изкуствено въвежда в гравитационното си уравнение един член



Абат Жорж Льомертър



Ж. Льомертър и А. Айнщайн

– т.нар. „космологична константа” Λ . За което по-късно дълбоко ще се разкайва: „... най-голямата издънка в моя живот”. Нека само отбележим, че и работите на руския астрофизик Александър Фридман от 1922 г., те пък публикувани на руски [5], които посочват възможността уравненията на Айнщайн да допускат и динамични решения, също остават неизвестни [6]. През 1934 г. Льоветър е удостоен с най-високото научно отличие на Белгия Francqui Prize, връчено му лично от крал Леополд III, а през 1936 г. папа Пий XI го привлича за член на папската Академия на науките [7], на която той остава президент от 1960 до смъртта си през 1966 г.

И докато Жулиен Грийн, потопен в бездната на търсенето на Бога, съзерцава звездното небе над нас и разсъждава за моралния закон в нас [8], през втората половина на XX век астрофизиката получава нов тласък и бурно развитие. Благодарение на новите невъобразими наблюдателни постижения на радиоастрономията и на телескопите, издигнати на спътници, както и на новото поколение конгениални творци като Джон Уилър, Роджър Пенроуз, Стивън Хокинг и много други, учените навлизат дълбоко и достигат далеч в представите за структурата на Вселената. И със сложни и абстрактни математически конструкции, които често се илюстрират с изобретателни метафори, скоро в широка употреба се въвеждат понятия като Голям взрив и Голям срив, гравитационен колапс, черни дупки, тъмна материя или творящо поле, с които се опитват да обяснят света, в който съществуваме. Но усилията да се обхване, осмисли и обясни това, което наричаме Вселена като цяло, размерите и формата ѝ, началото и краят на времето, нейното развитие и история, и то с понятия от нашата жалка действителност и напъните на нашия разум, който не може да проумее и себе си дори ... са безспирни ... оставайки открити и предизвикателни до наши дни и вероятно и до „края на времето и пространството”... Трудно е даже да се каже какво точно означават тези понятия, пренесени в „отвъдното”, имат ли изобщо смисъл. „В края на краищата модерната наука е юдеохристиянско творение и вероятно само заради това е могла да стигне до понятието Вселена, изразявано само с помощта на знаци, което не може да бъде обяснено с никакъв ясен очевиден образ. Всеки, който е имал случай да проследи този спор, ще се съгласи, че противоречието е плодотворно. (...) Тъгата и огорчението на съвременния човек имат само един източник – съществуващият в неговия разум образ на безкрайната материя, подчинена на времето без начало и без край, космически страх от Вселената без място”, пише (наистина по друг повод) нобеловият лауреат за литература за 2000 г. Чеслав Милош [9].

И ето че след като се бяхме примирили и с безкрайността на Вселената, с нейното разширение и с кривината на пространството, дойде вестта, че самото това разширение се ускорява. Наистина, става дума за астрофизични наблюдения, които могат да се интерпретират като потвърждение на тази хипотеза. А някои твърдят, че и съвременните цивилизации се развиват ускорено... Знае ли човек ...

А моите блуждаещи мисли неволно ме отнасят четиристотин години назад и две хиляди километра на запад – в замъка Биен-Аси край Клермон, където Блез Паскал (1623–1662) нахвърля „Мисли”-те си две години преди да почине. Бихме се откло-

нили много и затънали дълбоко, ако се опитаме да надникнем в бездната на неговите размисли. Искам само да напомня, че той е гениален учен („ужасяващ гений“, както се изразява за него Шатобриан) – математик и физик с приноси (направени през младежките му години), които не отстъпват на никой от неговата епоха. На негово име са кръстени математични закони, измервателна единица във физиката, програмен език в информатиката; ако тогава се раздаваха Нобелови награди, той би отнесъл няколко... А след неговото „обръщане“ (от 1654 г.) към духовното, само католическите църковни догми не позволяват да бъде канонизиран за светец... [10].

Паскал се опълчва срещу узурпацията на истината и нарастващата универсализираща монополизация от една или друга институция. И отхвърля както фетишизма на разума, така и фанатизма във вярата. Защото арогантността на триумфиращия разум води до тиранични амбиции, които целят да абсолютизират един от принципите на виждане и да го наложат като единствен и върховен, неподлежащ на въпроси фундамент. Но усилията за разгадаване на света около нас са толкова оправдани, колкото и търсенето на смисъла на съществуването. И ако при изучаването на природата усилията се увенчават с напредък, то единствената инстанция, която може да осмисли съществуването, е... Бог! В това отношение алтернативата е, както казва Паскал: „...*нещастие*то на човека без Бог“ (т.е. без основание за съществуването си).

При Паскал вяра и разум се пресичат: когато разумът се задълбочава в тайните на природата, той достига до селенията на вярата, а когато вярата се задълбочава – тя става „рационална“ и преобразува разума; и той е принуден да признае, че безкрайно много неща го надхвърлят. Но ако не е способен да признае това, разумът показва не сила, а слабост. Защото: „*доказателството е човешка възможност, а вярата е божествен дар*...“.

И въпреки забележителните си и признати научни постижения Паскал е убеден в „суетността и нищожността на всички тези знания“ и презира неизтребимото *libido sciendi* (научна страст). Той вижда нейните разяждащи душата ефекти, недостойните ѝ приложения и неубедителни претенции. И до края на живота си Паскал ще бъде разкъсван от изостреното до крайност напрежение между очевидността на рационалното доказателство и благодатта от полученото чрез вярата откровение.

А и днес, след повече от 400 години непреодолима антиномия „вяра-рационалност“ трагичната съдба на отделния индивид и непредсказуемото бъдеще на човечеството, непрестанният научен прогрес и непредвидимите последствия от тези две неща никога не напускат борбата в сърцето и ума на Жулиен Грийн. Още повече след като събитията след Втората световна война му дават достатъчно поводи. В деня на американската атомна бомбардировка над Хиросима на 6 август 1945 г., Жулиен Грийн в Крофърд Ноч (САЩ) записва в дневника си: „*Лицето на света ще се промени, без съмнение, заедно с атомната бомба. Човекът сложи ръка върху оръжие, което е неизмеримо; неподозирана мощ попадна в ръцете на това фриволно и почти безотговорно същество, което не умеє да се съпротивлява на опиянението да унищожава. Питам се какви последици ще има това събитие в утрешния живот на хора, за които невидимият свят съществува. Колко*

неща губят стойността си изведнъж! Дали заплахата от внезапната обща смърт ще склони човешкия вид към по-духовен живот, или ще го тласне към удоволствието? ”. За да запише близо 15 години след това (28 декември 1958): „Изправени пред така на-речения научен прогрес, не можем да не изпитваме известно безпокойство. През 1935 г. мнозина си казваха: Европа е опасна, но можем да отидем да живеем другаде. Днес няма къде другаде. Земята е вече опасна. Убежището – това е Бог. Струва ми се, че това е смисълът на всичко. Смъртта губи от своя ужас. Тя е изходна врата от свят, който става по-ужасяващ, отколкото някога е била смъртта ”. И неговите обяснения и утешения: „Нашата недостатъчност за всичко, малката ни вяра и малкото ни любов. Двадесет века християнство, за да се стигне до атомната бомба. Ето отговорът на човека за Благата вест. Вест на Бога ” (12 октомври 1960). А след няколко години (12 август 1962 г.) ще сподели: „Руските космонавти. Стореното от тях е великолепно. Може обаче да се вярва и аз винаги ще вярвам, че истинският прогрес е преди всичко от духовен порядък. Не ще бъдем по-малко варвари или повече християни от това, че сме се разходили на Луната, както и ако никога не бяхме стигнали дотам. Докато Евангелието не бъде прието и преживяно от цялото човечество, то ще тъпче на едно място и ще е в отстъпление. ” „Научният прогрес е обратната страна не на тайнството, а на смисъла на тайнството, което е нещо по-различно. Зад науката винаги ще бъде тайнството. Зад всеки отговор винаги ще бликва нов въпрос... ”.

Но и без атомна бомба и космически полети за мислещия и търсец човек и преди четиристотин години проблемите и настроенията са подобни: „Ето какво виждам и какво ме смущава – записва Паскал. – Гледам на всички страни и навред 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 е окаяно... ”.

А Жулиен Грийн, оставайки верен на изискването на Паскал „Мога да одобря само тези, които търсят, стенойки”, пише (8 февруари 1948 г.): „Гледах небето, преди да си легна. Нощта беше светла и разпознавах някои съзвездия, между тях и пояса на Орион, който привлече вниманието ми. Останах дълго време с глава, вдигната към звездите, от което не ми се зави свят; имаше нещо толкова умиротворяващо в това зрелище, че прекарах почти четвърт час с взор, блуждаещ в пространството. Ако бях основател на орден, щях да давам на монасите уроци по астрономия, за да ги науча да гледат нагоре, щях да изградя голяма тераса и през летните нощи да водя там всички монаси, които, легнали по гръб, с поглед в небето, да останат така поне четвърт час, слушайки проповедта на звездите ”.

...А ако аз бях директор на астрономическа обсерватория, щях да наредя всички астрономи да правят същото...

Бележки

[1] Паскал, Блез. Мисли. С., Наука и изкуство, 1972. Превод Л. Сталева. По-нататък всички

цитати на Паскал са от това издание. Нека отбележим (към този фрагмент 253) и фрагмент 648: „Две грешки: всичко да се приема буквално; всичко да се тълкува преносно”, за да добави (като фрагмент 805): „Две основания – едното вътрешно, другото външно: благодатта, чудесата, и двете свръхестествени”.

[2] Грийн, Жулиен. Към невидимото. Дневник (1943–1997). Издание на Фондация „Комунитас”. С., 2011. Превод Тони Николов. Във Франция са публикувани 18 тома от неговите дневници, като пълният нецензуриран текст съгласно волята на автора ще бъде публикуван след 2048 г.

[3] Както е известно, в Институцията (така наричат Френската академия, състояща се от 40 души), изборът е по направления. Жулиен Грийн е избран като академик на кресло № 32 на мястото на починалия Франсоа Мориак. През 1996 г. Грийн обявява, че напуска Академията по лични причини, но оставката му не е приета и негов наследник е избран едва след овакантяването на стола му през 1998 г.

[4] G. Lemaître (April 1927). Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. Annales de la Société Scientifique de Bruxelles 47.

[5] Работите на Фридман с фундаментална космологична стойност са публикувани на немски в: Zeitschrift für Physik, Vol. 10 (1922), pp. 377–386, „Über die Krümmung des Raumes“ („За кривината на пространството“) и в Zeitschrift für Physik, Vol. 21 (1924), pp. 326–332, „Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes“ („За възможността за свят с постоянна отрицателна кривина на пространството“).

[6] По-подробно и съдържателно вж.: Нусбаумър, Х. и Л. Биери. Кой откри разширяващата се Вселена? – Светът на физиката, кн.4, 2011 г.

[7] Папската Академия на науките (Pontificia Academia Scientiarum) е основана през 1936 г. от папа Пий XI и се смята за продължител на Accademia dei Lincei, основана през 1603 г. и възстановената през 1847 г. Pontificia dei Nuovo Lincei. Тя има за цел „да насърчава напредъка на математическите, физическите и другите природни науки, както и изследвания, свързани с епистемологични и други проблеми”. В нея членуват 80 пожизнено избрани членове – учени от различни области със световна известност, много от тях лауреати на Нобеловата премия. Ако се опитаме да назовем само някои от физиците, ще трябва да споменем Ръдърфорд, Планк, Бор, Хан (от недалечното минало) и нашите съвременници Таунс, Рубиа, Хокинг, Рийс, Тиринг, Сагдеев, Манин...

[8] Точният цитат е от заключителното изречение на „Критика на практичния разум” на Кант (който е поставен като епитафия на гроба му в двора на Кьонигсбергската катедрала): „Две неща изпълват духа с винаги ново и нарастващо възхищение и страхопочитание, колкото по-често и по-продължително размишлението се занимава с тях: звездното небе над мен и моралният закон в мен”.

[9] Милош, Честлав. Родната Европа. МД Елиас Канети, 2012. Полски поет и писател, емигрирал през 50-е години в САЩ. Нобелов лауреат по литература за 2000 г.

[10] Нека отбележим, че такова „обръщане” (просветление, осенение) е сублимен момент в католическото вероизповедание (Августин, Лутер), в случая белязал и живота на Жулиен Грийн и Жорж Льомертър...

Сега, когато ЦЕРН е утвърдена и водеща световна научна институция с всепризнати върхови постижения в областта на експерименталната физика на високите енергии, когато в нея вече работят и няколко десетки български физици от новите поколения, заслужава да се обърне и поглед назад и да се припомнят нейният генезис и мотивите за нейното създаване. Тя е рожба на своето време, далновиден отговор на наложителните изисквания на новия етап на развитие на тази област на науката, както и политическата обстановка на епохата. Представяме ви статията на Джон Криге, професор по история на науката в Технологичния институт в Атланта, САЩ.

ИЗИДОР РАБИ И РАЖДАНЕТО НА ЦЕРН

Джон Криге [a]

Преди петдесет години през септември 1954 г. беше положено началото на ЦЕРН. Европейската организация за ядрени изследвания, както тя беше наречена тогава, посрещна като свой първи директор върналия се в Европа Феликс Блох. Физикът от Станфордския университет и Нобелов лауреат с двойно гражданство – швейцарско и американско – олицетворяваше надеждите на основателите на ЦЕРН за бъдещите постижения на тази лаборатория. Те се надяваха тя да изиграе фундаментална роля във възвръщането на Европейската физика към нейното минало величие, да преустанови изтичането на „сиво вещество“ на най-способните и най-добрите към САЩ, както и да продължи и да укрепи следвоенната европейска интеграция.

Днес може да се каже, че ЦЕРН е изпълнила много повече от очакваните цели на своите основатели. Тя е една от най-добрите лаборатории по физика на високите енергии в света. Събрала стотици европейски физици и инженери, лабораторията осигурява и съществени ресурси на хиляди други от цял свят, които разработват апаратура, поставят и провеждат там експерименти. И тя представлява модел за европейска интеграция. От първоначално 12 участващи страни броят им в ЦЕРН нарасна до 20 включително и някои страни от нова Европа (България, Унгария, Чешката и Словашката република и Полша) [b]. Макар учените от САЩ да използват интензивно ЦЕРН, тяхната страна не е сред държавите участници. Не може да се каже, че американската администрация не се интересува от ЦЕРН. Напротив, тя е изиграла много важна роля в решаващи моменти за лабораторията. Основен принос за тази инициатива има Изидор И. Раби, физик от Колумбийския университет, Нобелов лауреат и научен съветник на правителството [1]. Много европейски физици, свързани с проекта, включително Нилс Бор и Вернер Хайзенберг, смятат ролята на Раби за толкова важна, че признават на своя американски колега бащинство върху лабораторията.

Историята за възникване на идеята и самото основаване на ЦЕРН е разказвана и повтаряна толкова често – от мен, от други историци [2] и от основателите ѝ, че може

да се запитаме какъв е смисълът да я разказваме отново. Много от казаното и писаното обаче се отнася до предприятиите в Европа стъпки за пускането в действие на лабораторията. Възможни са обаче и други гледни точки. Както и в други емпирични науки, включително и историята, богатите на факти данни винаги имат многопластов смисъл. Моята цел е да прочета фактите по създаването на лабораторията през



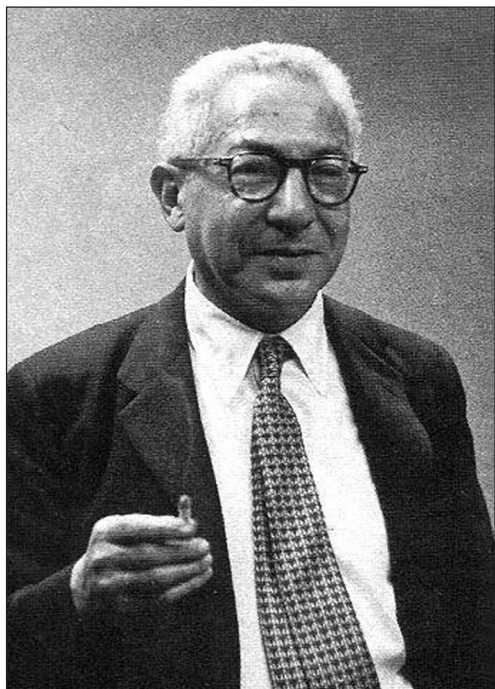
Феликс Блох (1905-1983) става първият директор на ЦЕРН през 1954 г. Тук той говори на церемонията при полагане на първия камък на 10 юни 1955 г. Металическият цилиндър пред него съдържа документа, който ще бъде поставен в бетона на зданието на синхроциклотрона

призмата на американската външна политика – да изследвам инициативата на Раби и да я поставя пряко в контекста на Студената война. Придържам се към нейното място в прокарването и защитата на американските научни и политически интереси на Европейска сцена, а не към голямото значение, което ЦЕРН има за европейците [3].

След отменянето на строителството на свръхпроводящия суперколайдер през 1993 г. много физици от областта на елементарните частици смятаха, че бъдещето е в построяване на световна ускорителна лаборатория по модела на ЦЕРН. Историята на възникването на ЦЕРН ни кара да осъзнаем колко решаващо е за всеки такъв проект, ако иска да има някаква надежда за успех, да отчита в пълна степен както американските, така и европейските научни интереси и външна политика.

Инициативата на И. Раби

Раби [с] е смятан за „баща“ на ЦЕРН като признание за неговата нестандартна инициатива, която той предприема като член на американската делегация на конгреса на ЮНЕСКО през юни 1950 г. във Флоренция, Италия. След разрешение на държавния департамент на САЩ и след консултация с някои европейски физици, на този конгрес той успява да прокара решение, което по същество се отнася до учредяване на регионални изследователски центрове с участието на няколко държави – преди всичко от Западна Европа. Става въпрос за държави, които преди войната са имали най-голям принос в науката, като Франция, Западна Германия и Италия. С обединяване на общи човешки и финансови ресурси, държавите членки биха могли да придобият скъпи



Изидор И. Раби (1898–1988) играе основна роля при основаването на ЦЕРН. Тази снимка е направена по време на Конференцията за мирно използване на атомната енергия през 1955 г.

за ограниченията, наложени върху придвижването на учените и обмена на научна и технологична информация между американските физици и колегите им от Западна Европа, както и между самите европейски страни.

Тези ограничения загубват голяма част от смисъла си през август 1949 г. Експлозията на първата съветска атомна бомба разбива всяка надежда на САЩ да задържат своята почти монополна власт върху атома. Съветският тест доведе до по-голямо желание на Вашингтон да поделя информация със съюзниците и да ги въвлече в построяването на ядрени съоръжения за мирни и военни цели. Инициативата на Раби във Флоренция е приета като желание за окуражаване и сътрудничество; той уверява европейските учени и правителства, че САЩ няма да минират усилията на стария континент за създаване на изследователски ядрени съоръжения.

Какви съоръжения е имал предвид Раби за новата регионална европейска лаборатория? В прескомюникето, обявяващо неговата идея, се споменават ускорители и се изброяват различни инсталации от американските университетски лаборатории. Много европейци приемат с възторг резолюцията на Раби, защото отначало те смятат, че той предлага в лабораторията да се построи ускорител, както и реактор за ядрена

съвременни изследователски инсталации, които те не биха могли да си позволят самостоятелно. Що се отнася до областта на изследвания в такива центрове, Раби споменава физика, биология и компютърни науки, но изследванията с ускорители имат основен приоритет. Защо тази инициатива е толкова важна за европейските физици, че те преписват на Раби, един американец, „бащинството“ на ЦЕРН? Защото това се приема като знак, че американците няма да възпрепятстват създаването на изследователска лаборатория по физика в Западна Европа. Да си спомним, че в края на 40-те години на миналия век физиката на високите енергии още не се е обособила като отделна област извън ядрената физика или като област на фундаментални изследвания, чийто резултат би бил далеч от непосредствени индустриални или военни приложения. По това време споменаването на думата физика се свързва непосредствено с атома за мирни или военни цели, с атомни реактори и бомби, икономическо съревнование и държавни тайни. Трябва също да напомним

физика при ниски енергии. Може би самият Раби подхранва тази интерпретация, защото в много следващи интервюта той казва, че тогава във Флоренция като пример за такава лаборатория той е имал предвид Националната лаборатория Брукхайвън (BNL) в Ню Йорк. Той е сред главните инициатори за създаването на тази лаборатория, която да се финансира колективно от девет университета на Източния бряг, вкл. и неговия Колумбийски университет. Почти от самото начало BNL е съоръжена с гигантски ускорител (Космотрон) до 3 GeV, който в момента на участието му в Италия тъкмо се сглобява, и с 10 MW графитен изследователски реактор, който е пуснат в действие няколко месеца по-късно, през август 1950 г. [4]. Дали Раби предлага в Европа да се построи многонационална лаборатория по физика на високи и ниски енергии по модела на BNL, център, снабден както с мощен ускорител, така и с реактор?

Категорично не! И наистина, той многократно настоява, че включването на атомни реактори по необходимост ще минира всички усилия за сътрудничество в Европа. Центробежното отблъскване на национални интереси, както и желанието да се запазят привилегированите двустранните връзки със САЩ в областта на атомната физика биха надделели над желанието на учените и правителствата да обединят силите си в една многонационална лаборатория, която би притежавала и реактор. Ако на регионалната европейска лаборатория е необходима поддръжка, изследователското оборудване в нея ще трябва да допринася за възстановяване на европейската физика, без пряко да допринася за засилване на индустриалната и военната мощ на сътрудническите си нации. Така че примерът на BNL е подходящ не с оборудването, разположен в Лонг Айленд, а преди всичко с организационния си модел. Той е пример как учени и администратори от различни, даже от съперническите си институции, могат конструктивно да си сътрудничат в големи общи изследователски проекти.

Инициативата на Раби във Флоренция има две главни особености. Първо, предлага се на европейските правителства да наберат средства за построяване на скъп ускорител за общо ползване. Второ, с примера на BNL се потвърждава подкрепата за европейско междуправителствено сътрудничество. Както Раби често казва, неговият модел беше BNL, но сътрудническите си страни са европейски правителства, а не американски университети. И двете предложения са приети с ентузиазъм от европейските учени и бързо достигат до националните администрации за изпълнение. И двете изразяват важни американски интереси в тази област.

Какво означава това за САЩ?

Несъмнено Раби е бил ръководен от лични чувства в тази своя инициатива във Флоренция. Подобно на много американски физици от неговото поколение, той работи в младежките си години в Европа (а също е роден в Европа). Там той познава лично такива гиганти като Бор, Хайзенберг, Волфганг Паули и Ервин Шрьодингер. Раби провежда първите си експерименти с молекулни снопове в лабораторията на Ото Щерн в Хамбург, Германия, където усвоява този професионализъм, който по-

късно му носи Нобеловата награда. Раби е мотивиран от ужасната разруха на науката в Европа след войната и от липсата на оборудване и ресурси. Той иска да помогне за възстановяване на европейската научна база, така че лабораториите и страните, които са му дали толкова много през 20-те години на XX век, да могат отново да достигнат до изключителни постижения във физиката.

Но са в сила и по-широки съображения. В началото на 50-те години американските учени са наясно със значителния принос за американската наука и технологии на направени другаде открития и разработки. Алан Уотърман, директор на новия Фонд за научни изследвания (NSF), подчертава пред комисията по емиграция и натурализация през 1952 г., че „ние сме се възползвали повече от всяка друга световна сила от научни открития, направени в друга страна. Разработката на някои от най-важните оръжия в нашето въоръжение идва от открити незасекретени фундаментални научни разработки в чужбина. Радарът, атомната бомба, реактивните самолети и пеницилина бяха усъвършенствани в САЩ въз основа на открития и изследвания в други държави, до които ние имаме лесен достъп“ [4].

Други отиват и по-далеч, като твърдят, че Западна Европа остава „люлката“ на научните открития, а силата на Америка е в способността на янките да организират и прилагат научните изследвания. „Американското превъзходство, което се демонстрира засега, е в прилагането на научните открития“, се казва в отчет на Държавния департамент от май 1950 г., подготвен за съвещание, в което като член участва и Раби и което се председателства от Лойд Бъркнър [5]. Ясно е, че големите възможности на Европа за фундаментални изследвания биха имали неоценим принос за американския научен и технологичен прогрес.

Има и още една причина Европа да бъде подкрепена да развива физиката на високите енергии. Особено важно е европейците да могат да работят на високо ниво в една несекретна област като физиката на високите енергии. Два месеца преди Раби да отиде във Флоренция, президентът Хари Труман обявява поддръжката си за разработката на водородна бомба. Някои физици, особено Едуард Телер [e], ликуват и призовават колегите си да се върнат в оръжейните лаборатории [6]. Раби също е доволен, когато научава, че Ърнест Лоуренс [f] мобилизира своята изключителна лаборатория в Бъркли, Калифорния, за работа върху новото оръжие [7]. „Със сигурност е радостно, че най-добрият екип отново ще работи – казва Телер. – Колеги, вие си поиграхте с вашите циклотрони и ядра четири години и е време да се върнете на работа! Меденият месец с мезоните свърши. Изследванията, свързани с разработката на оръжия, имат отново приоритет и поне 25% от американските физици трябва да работят по военни задачи“, добавя той. Ясно е, че съществуването на фундаментална физика на високите енергии в Европа е изгодно за САЩ.

Несъмнено, да се помага за възстановяване на европейската физика, не е безопасно. Има опасения за възраждане на германския милитаризъм и национализъм. А и във френската комисия по атомна енергия има силно комунистическо присъствие, което създава безпокойство от изтичане на информация към Съветския съюз. Но създаването

на лаборатория като ЦЕРН би имало повече предимства, отколкото подобни безпокойства. Тя би събрала на едно несекретно място най-добрите европейски физици, където те биха обсъждали свободно последните си резултати. Тя би представлявала един международен фокус за планиране на нови проекти.

В ЦЕРН би могло да се научи какво работят другите. Както се казва в отчета на Бъркнър, международният научен обмен е неоценим, защото той дава възможност на компетентните американски учени дискретно да разбират чрез „конструктивна дискусия между професионалисти“ с какво се занимават колегите им от Съветския съюз или от друга страна, за „съдържанието, процедурите и механизмите на научните изследвания“. Накратко, ЦЕРН би послужила като полезна база за събиране на разузнавателна научна информация. Това може би звучи пресилено конспиративно, но тогава беше в ход Студената война [8].

Инструмент за европейско обединение

Пледирайки за регионална лаборатория по физика в Западна Европа, Раби работи не само за европейско научно сътрудничество, но също и за европейска политическа интеграция. Освен събирането на учени за общи изследователски усилия лабораторията, която си представя той, би обединила и правителствата, като ги накара да се откажат частично от своя суверенитет, но за сметка на ползата от общите начинания. Тя би символизирала нова Европа, Европа без национални съперничества и войни, Европа, основана на междуправителствено сътрудничество и интеграция.

Много знаменателен е фактът, че Раби специално поставя Западна Германия в списъка на потенциалните страни участници в новата лаборатория. Това е сигнал за възможно отпускане на политиката на САЩ по въпроса за възстановяване на физиката в тази страна, която току-що е получила нещо като суверенитет и даже още не е станала член на ЮНЕСКО.

Непосредствено след войната политиката на съюзниците спрямо Германия има елемент на възмездие и репресия. Всяко оборудване, което би могло да послужи за превъоръжаване, е демонтирано, а лабораториите и фабриките – ограбени. Не само военната, но и всякаква икономически важна информация и оборудване бяха старателно отстранени [9]. През 1945 г. Роджър Адамс, завеждащ химическия департамент в Университета на Илинойс, е натоварен от Националната академия на науките да организира комисия с цел изготвяне на подходяща политика за контролиране на науката в следвоенна Германия. Препоръките на тази комисия, на която и Раби е член, са обявени в Германия през април 1946 г. и носят известно смекчаване. Макар да продължава забраната за всякаква изследователска работа в осем области, смятани за важни във военно отношение, вкл. приложна ядрена физика и конструиране на реактори, се позволява ограничено възстановяване на науката и технологиите „за мирни цели“ в академичен и индустриален аспект. Даже вече през 1947 г. на германските физици им е разрешено да пуснат отново техния циклотрон, малка машина, построена като част от военновременната програма в Университета в Хайделберг. През август 1948 г. обаче



*Вила Коантрен на Женевското летище (чиято кула се вижда отдясно в далечината)
е първото седалище на ЦЕРН*

Американското военно командване в Германия отказва искането на учени от Гьотинген за построяване на бетатрон с енергия 30 MeV.

Накратко, предложението на Раби, направено на конгреса на ЮНЕСКО, на Западна Германия да се даде възможност да участва пълноправно в най-големия Европейски ускорител идва като подарък и като част от радикалната смяна в политиката на САЩ към Германия, която е съзрявала няколко години и е ускорена от плана «Марш». Държавният секретар на САЩ Джордж Маршал обявява своя „план“ в Харвардския университет през юни 1947 г. [10]. Целта му е да се възстанови Европа, която е икономически разрушена, Европа, в която следвоенната бедност и безнадеждност създават условия за социални вълнения и за възможна комунистическа инвазия в демократичните държави. Вашингтон е убеден, че реинтеграцията на Западна Германия в Европа и Атлантическата общност е много съществена, ако Европа трябва да се вдигне на крака и да се предпази от комунистическата заплаха. Възмездие и репресията трябва да се сменят с реконструкция и реинтеграция. Огромният капацитет на Германия в науката, технологиите, индустрията и икономиката трябва да се освободи, за да изгради в сърцето на Европа защитна стена срещу комунизма, но по такъв начин, че да потиска германския национализъм и милитаризъм, които доведоха до две световни войни.

Решено е да се изгради обединена Европа, която да включва Западна Германия в някакви наднационални структури и институции, в които нейният суверенитет, както и този на останалите партньори, е ограничен и са поставени ясни граници, докде може да стига свободата за превъоръжаване. Когато Раби предлага във Флоренция

Германия да стане част от новата регионална физична лаборатория, той има предвид едновременно възстановяването на германската наука, както и нейното ограничаване в междуправителствена структура, която да не позволява военни изследвания. Не е за очудване, че в краткия дебат върху тази резолюция е предложено (от Британската делегация) за началото на проекта да се използват фондове от плана „Маршал“. Фактически след срещата на ЮНЕСКО Раби минава през съответния офис в Париж да види дали може да бъдат отпуснати такива суми, но посещението му се оказва безрезултатно. Френското правителство и научната общност са първите, които реагират на инициативата на Раби. Това е така, защото регионалната схема на Раби приляга перфектно към новата политика на френския външен министър Роберт Шуман. Поради страховете на френското правителство страната им да не бъде пак прегазена от мощния съсед Франция е дълбоко враждебно настроена към планове на САЩ да съживят Германия и да я поставят в сърцето на една независима Европа. Възприетият от френските власти компромис с подкрепата на САЩ бе да се позволи възстановяване на Германия при условие производството на въглища и стомана, движещата сила на съвременната икономика, да има наднационален контрол. Планът на Шуман, провъзгласен на 9 май 1950 г. – точно пет години след края на Втората световна война – постига тази цел. Това е решителна стъпка към Европейска регионална интеграция в два ключови икономически сектора [11]. Месец по-късно инициативата на Раби резонира институционално и политически с плана „Шуман“ в научния сектор и конкретно в атомната физика, която е важна за производството на енергия.

Благородна научна кауза

Когато Раби говори за регионални лаборатории в Западна Европа, той веднага добавя, че те биха допринесли за „съзидателна работа в името на мира“, следователно за „спасяване на западната цивилизация“. Дали това е само празна реторика поради временна еуфория? Сигурно не. До последните си дни Раби настоява, че една от неговите най-важни цели във Флоренция е била да се направи стъпка към Европейско обединение. Много години по-късно, на церемония в Женева той казва, че ЦЕРН е „организация, посветена на общите усилия в науката на част от страните, които бяха вкопчени в мъртва схватка през първата половина на този нещастен XX век“ [12]. За Раби и за американската администрация, специално за Държавния департамент, новата Европейска лаборатория е изключително важна, защото тя се съчетава с целите на плана «Маршал» за реинтегрирането на Западна Германия в Европа и работи срещу комунистическото настъпление. С това също се отслабва контролът, наложен от съюзниците върху немските физици, макар и не дотам, че да им даде достъп до реактор. Самият Раби смята, че с това той е помогнал на науката да изпълнява една от най-благородните си мисии – да бъде средство на външната политика, да съдейства за мира и хармонията чрез международно сътрудничество.

(Авторът благодари на Алън Нийдъл, който любезно му е предоставил неотдавна разсекретените класифицирани документи).

Литература

- J.S.Rigden, Rabi & Scientist and Citizen, Harvard U. Press, Cambridge, M.A. (2000).
Вж. напр.: D. Pestre, History of CERN, vol.1 North-Holland, Amsterdam (1987).
J.Krige, Phys. Perspect. (in press).
R.P.Crease, A Biography of Brookhaven Laboratory, 1946-1972, U. of Chicago (1,999).
A.A.Needell, Science, Cold War and the American State, Harwood Academic, Amsterdam, (2000).
E.Teller, Bull. Am. Sci. 6, 71 (1950).
Lawrence and his Laboratory, LBL News Magazine, 1981.
W'Lexon, Studies in Intelligence, Spring 1966.
J.Gimbel, Science, Technology and Reparations, Stanford U. Press, CA (1990).
D.W. Ellwood, Rebuilding Europe, Longman, New York (1992).
W.I. Hitchcock, France Restored, U. of North Carolina Press, (1998).
I.I. Rabi, The Cultural and Scientific Meaning of CERN, Library of Congress, Rabi Papers, Box 26, Folder 6.

Бележки на редактора

[a] – John Krige, I.I. Rabi and the Birth of CERN, Physics Today, September 2004. Тази статия предизвиква известни възражения и реплики, които могат да се проследят в различни последващи броеве на Physics Today, с които ние няма да се занимаваме.

[b] – В момента в ЦЕРН членуват 20 страни.

[c] – Изидор Айзък Раби е роден през 1898 г. в г. Риманов, тогава в Австро-Унгария (днес в Полша), в бедно ортодоксално еврейско семейство, което скоро след това се преселва в Ню-Йорк, където баща му отваря малка бакалница, но успява да способства синът му да завърши химия през 1919 г. в университета Корнел. През 1923 г. той се прехвърля да следва физика в Колумбийския университет и през 1926 г. защитава докторска дисертация, посветена на изучаването на магнитните свойства на кристалите. През 1927-29 г. специализира в европейските центрове по физика, където работи с Е. Шрьодингер, А. Зомерфелд, Н. Бор, В. Паули и О. Щерн. През 1930 г. е назначен за асистент в Колумбийския университет, а през 1937 г. е вече професор. През 1933 г. участва заедно с О. Фриш, И. Естерман и О. Щерн в измерването на магнитния момент на протона, за което О. Щерн е удостоен с Нобеловата награда по физика за 1943 г. Самият той е удостоен със същата премия през следващата година „за неговия резонансен метод за регистриране на магнитния момент на атомните ядра”. А година по-късно заедно с Феликс Блох и Едуард Пърсел разработват метода на ядрения магнитен резонанс (Нобелова награда за 1952 г.), който по-късно намира широко приложение в най-различни области на физиката, астрономията, химията, медицината и др. Отказва да участва в Манхатънския проект за разработване на американската атомна бомба в Лос-Аламос, но е доброволен съветник на ръководителя на проекта ген. Л. Гроувс. По-късно заема високи научни административни постове в управлението на образователната и научната програма на страната – декан на Физическия факултет на Колумбийския университет, зам.-директор на Радиационната лаборатория на МТИ, член на директорския борд на Брукхайвънската национална лаборатория, на различни комисии и

делегация на Комитета по Атомна Енергия на САЩ, член на ръководството на Вайцмановския университет в Реховот, Израел, и др. Пенсioniра се през 1967 г., но остава на работа в Колумбийския университет до смъртта си през 1988 г. Биографията на Раби е публикувана в [1].

[d] – Пълният текст на това изказване е публикуван в: Physics Today, Jan. 1953.

[e] – Едуард Телер (1908–2003 г.) е американски физик от унгарски произход, завършил университета в Лайпциг през 1930 г., специализирал в Гьотинген и Копенхаген, а от средата на 30-е години, подгонен от расистките преследвания във фашистка Германия, се озовава в САЩ, където работи в университетите във Вашингтон, Чикаго и Калифорния. Със значими приноси в теоретичната ядрена физика (взаимодействие на Гамов-Телер, теорема на Ян-Телер, гиганските ядрени резонанси и др), участва активно в Манхатънския проект за изготвянето на американската атомна бомба и ръководител на разработката на термоядреното американско оръжие. (Повече за Телер може да се намери специално в Physics Today, Aug. 2004.)

[f] – Ърнест Лоурънс (1901–1958), американски физик, завършил университета в Йейл и работил в Калифорнийския университет в Бъркли от 1928 г. Предложил метода на резонансното ускоряване и конструирал и пуснал в действие първия ускорител на заредени частици – циклотрона (1933 г.), удостоен с Нобелова награда по физика през 1939 г. за разработването на първите циклотрони.

Превод: **А. Минкова**

John Krige. I. I. Rabi and the Birth of CERN
Physics Today, Vol. 57, Issue 9, September 2004

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

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
BG82CREX92601013508300
BIC: CREXBGSF
ТОКУДА БАНК АД

КАК ПРЕЖИВЯХ ЗЕМЕТРЕСЕНИЕТО НА 11 МАРТ 2011 Г. И НЕГОВИТЕ ПОСЛЕДСТВИЯ В IPMU

Сергей Петков

Когато на 11 март в 14:46 ч. започна най-голямото в съвременната японска история земетресение, бях в кабинета си на третия етаж в сградата на IPMU в кампуса Кашива, близо до Токио. Не съм имал особен опит със земетресения и се чудех какво да направя, тъй като цялото здание се тресеше и клатеше така, както не бях виждал никога дотогава. И тогава една от секретарките в IPMU, Юко-сан, ми каза, че трябва да изляза от сградата. Събрах си нещата, облякох си палтото, слязох по стълбите и излязох от зданието, което продължаваше да се клати. Много от учените в IPMU и администрацията вече бяха пред зданието на открито, а някои все още излизаха от него. Хора излизаха и от съседната сграда. Нямаше паника, всички бяха спокойни. Скоро пространството пред зданията на кампуса Кашива се напълни с хора. Много от колегите ми се свързваха с Интернет чрез мобилните си телефони, за да получат последната информация за земетресението. Научихме, че епицентърът е в Тихия океан на североизток от Япония и че е с магнитуд 8,9–9,0 по скалата на Рихтер или 6+ по сеизмичната скала на Японската метеорологична агенция. В района на Токио то беше с магнитуд от 5– до 5+ по тази скала. Скоро беше излъчено предупреждение, че се очакват цунами върху Североизточното крайбрежие на Япония. Сред хората навън срещнах двама от екипите на неутринните експерименти Супер Камиоканде и T2K, Накахата-сан и Шиозава-сан, които излязоха от сградата на ICRR, увлечени в много интересна дискусия по последните резултати от Супер Камиоканде и първото събитие от T2K, което имало всички характеристики на осцилации $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$. Именно този вълнуващ резултат трябваше да се обсъди същия следобед на семинара на KEK (High Energy Accelerator Research Organization) и на 18 март с доклад в ICRR (Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo). И двете представяния бяха отменени. Земята под нас и зданието продължаваха да се люлеят и тресат от време на време заради последвалите вторични трусове и някои бяха доста силни. Секретарките на IPMU обаче успяха да изнесат кафе и сладкиши от сградата на IPMU, което те обичайно правят за кафе-чай паузата в 3 следобед, и ние се зарадвахме на топлото кафе в студеното време навън. Новините за земетресението продължиха, но през първия час нямаше съобщения за големи поражения. Цунами все още не бяха стигнали до брега. Започна да вали и ни поканиха да влезем на завет в сградата на един от ресторантите, където обикновено обядвахме. Около 17:30 часа ни съобщиха, че можем да се върнем по кабинетите си в зданието на IPMU. Преди това зданието беше проверено и не бяха установени поражения. По-късно разбрахме, че никоя от сградите в кампуса Кашива не е имала поражения (с изключение на някои дребни проблеми). Фактически това беше в сила за болшинството сгради в Токио, като единственото изключение бяха няколко сгради на Токийския парк Дисниленд, който е построен върху възстановена от морето земя.

Следващият проблем за тези от нас, които живе-ехме в Токио, беше как да се върнем там. Експресът Цукуба и влаковете от японската жп мрежа, както и повечето от линиите на метрото, не работеха, тъй като беше нужно трасетата да се проверят за евентуални повреди. За влака Цукуба проверката отне 2 дена. Секретарките на IPMU успяха да запазят 3 стаи в хотел недалеч от Кашива за Угури-сан, Маеда-сан и неговите жена и дете, които случайно се оказаха в Кашива, и за мен. Това никак не беше тривиално в тези обстоятелства, някои хора от администрацията на IPMU не успяха да се върнат вкъщи и прекараха нощта в сградата на IPMU. На нас това неудобство ни беше спестено, стаята ми в хотела беше с пълен комфорт. На следващия ден (което беше събота) взехме такси до Токио. Трябваша ни 3 часа да минем разстоянието от 30 км до Токио, тъй като магистралите бяха затворени за проверка, а другите шосета до Токио бяха много натоварени.



Сергей Петков (снимката е добавена от редактора)

Пететажното здание на резиденцията Елит Ин Юшима, близо до Йемо, Токио, където живеех, беше непокътнато. Резиденцията се намираше в очарователен квартал близо до светилището Юшима Тенжин и на пешеходно разстояние от кампуса Хонго на Токийския университет. В студиото, което наемах, нямаше никакви поражения, само нощната лампа беше паднала от мястото си. Мащабът на опустошението с човешки жертви, предизвикани от налетелите върху брега цунами, започна да се разкрива от новините по телевизията. През този ден започнаха и първите новини за проблемите на ядрената електроцентрала Дайки във Фукушима (известна като Фукушима I и е най-голямата АЕЦ в света). Аз следях новините по каналите на CNN, BBC, а по-късно и английския канал NHK. В Интернет четях новините на италиански и други европейски медии.

Връзката с интернет работеше безотказно след земетресението. На 12 март моят докторант в SISSA A. Мерони изпрати в сайта arXiv нашата статия (с още трима съавтори) върху многократния механизъм на двойния безнеутринен бета-разпад, върху което аз работех от пристигането си в IPMU.

През седмицата след земетресението (14–18 март) останах в Токио. Заради проблемите с ядрената централа във Фукушима имаше прекъсване на електрозахранването в Кашива (нито веднаж това не стана в областта на Токио, където живеех) и експресът Цукуба се движеше със силно намален брой влакове и с разписание, което правеше пътуването до кампуса Кашива доста проблематично. Получавахме от секретарките на IPMU, Юуко-сан и Мидори-сан, с които бях в контакт чрез интернет, всекидневна информация за планирано спиране на електрозахранването и за разписанието на влаковете. Хиточи Мураяма, директорът на IPMU, помоли работещите в IPMU (включително и



Михаил Иткис, директор на ОИЯЕ, Дубна, връчва наградата «Понтекорво» за 2010 г. на С. Петков.

Наградата е присъдена за „фундаментални приноси в изследванията на разпространението на неутрино в материята, за $\mu \rightarrow e\gamma$, $\mu \rightarrow 3e$ процеси и за Майорана свойствата на неутриното“ (снимка и текст – редак.)

гостите) да докладват за всички проблеми, възникнали от земетресението. За щастие, данните показаха, че всички работещи в IPMU са добре.

Животът ми през тази седмица беше много лесен: закусвах си в студиото, след това работех до обяд, обядвах в един от многото ресторанти в района Уено (предпочитаните места бяха тези, в които сервират рамен, удон, суши/сашими и корейски ресторанти), след това разходка в парка на Уено и се връщах в

студиото да си продължа работата, а вечерта отново вечеря в ресторант и малка разходка след вечеря; понякога само бенто за вечеря. Всеки ден се обаждах на семейството си по телефона. Положението в ядрената централа Дайки във Фукушима започна да става обезпокояващо и от 14 март нашите колеги от университета в Токио и КЕК започнаха да предоставят в интернет данни за нивото на радиация в кампусите Хонго и Кашива, а също и за областта на Цукуба, където е разположен КЕК. Проверях тези данни по няколко пъти на ден. Късно вечер гледах новините по CNN и BBC и четях новините на италианските медии; за развлечение гледах от време на време някои мачове на италианския футболен отбор Интер–Милано, които се излъчваха по един от японските спортни канали късно вечер. При липсата на обичайни развлечения през тази седмица успях да си свърша много работа, главно да завърша един труд, започнат с двама млади колеги, върху нискоенергетичните сигнатури в скала TeV от тип A по модела на люлката за поколенията маси на неутринното. Резултатите от това изследване бяха обобщени в статия, която беше изпратена в сайта arXiv в края на март.

През първата седмица след земетресението някои от стандартните храни, които човек можеше да купи в малките магазини в Токио – различни видове онигри и бенто, кисело мляко и сладкиши, изчезнаха от щандовете, където обикновено се намираха. Но храни, както и много повече, вкл. италиански сирена горгонзола, моцарела и пр., можеха да се намерят (на малко по-висока цена) в хранителния отдел на универсал-

ния магазин Мацукая в Уено. Ресторантите в района, в който живеех, също работеха, както обикновено. Така че бях доста изненадан от новините по европейските и американските медии, че в Токио има недостиг на храни. Това наистина беше вярно само за едно нещо: българското кисело мляко липсваше от полиците на малките магазини даже месец след земетресението.

В периода 12–15 март имаше експлозии на водород в ядрената централа на Фукушима с изпускане на известно количество радиоактивност в околната среда. Японското правителство нареди евакуация на хората, които живееха вътре в зоната с радиус от 20 км от реактора. Продължаващите вторични трусове и възможността за много по-голямо радиоактивно замърсяване, което да достигне Токио (Токио е на 240 км от реактора на Фукушима) и югозападната част на Япония, предизвика напускането на чужденци от Токио и Япония. Правителствата на Франция, Германия и Швейцария посъветваха гражданите си да напуснат Япония. Бяха изпратени чартърни самолети да извозят хората от тези страни, които искаха да напуснат, като всички разноски по това (вкл. самолетните билети на пътниците) се поемаха от съответните правителства. Подобни съвети последваха и от правителствата на Италия, Великобритания и САЩ. Немската национална авиокомпания Лufтханза спря да лети до Токио; нейните самолети летяха само до Нагоя и Осака. На 20 март вятърът смени посоката си и докара известно количество радиоактивен йод-131 (период на полуразпад 8 дена) и цезий-137 (период на полуразпад 30 години), излъчени от ядрения реактор във Фукушима в посока на Токио. Това доведе до увеличение на радиацията: четирикратно в кампуса Хонго и петкратно в кампуса Кашива. Последвалият дъжд предизвика появата на йод-131 във водопроводната мрежа на Токио в количества, съответстващи на 200 бекерела/литър (1 бекерел=1 разпад за секунда). Смята се, че това ниво е опасно само за деца под една година. Кметството на Токио раздаде около 240 000 бутилки (всяка по 0,55 л) минерална вода на семействата с малки деца. Някои от тези семейства предпочетоха да напуснат Токио и прекараха известно време надалеч в Южна Япония, в областта на Осака. Европейските и американските медии пишеха за напускане на Токио от жителите му. Аз не забелязах значително намаляване на населението в областта на Уено. Подобни новини създаваха чувство за голяма неминуема катастрофа.

Вторичните трусове не ме смущаваха, след като сградите в Токио и Кашива издържаха без повреди земетресението на 11 март. Когато в питейната вода на Токио се появи йод-131, в течение на няколко дена използвах за пиене и за малкото храна, която си приготвях, само минерална вода. Освен това знаех, че в човешкото тяло има около 50 бекерела/л заради наличието на калий-40 (период на полуразпад около 1 милиард години). Човек със среден ръст има около 3000 бекерела естествена радиоактивност. Следях дневните (всеки час и в реално време) данни за нивото на радиация, давани от колегите учени. Прочетох също известен брой обзорни статии и доклади за нивата на естествената радиоактивност, радиационните дози, получавани от различни рентгенови апарати, скенери и радиационна терапия на ракови заболявания, използвани в медицината, както и за радиоактивността, изпусната при аварията в Чернобил.

Научих, че рентгенов преглед на белите дробове съответства на 250 часа излагане на естествената радиоактивност в кампуса Хонго в Токио. Ясно беше от тези доклади, че радиоактивното замърсяване във Фукушима беше много по-малко от това в Чернобил. Увеличената радиация в кампусите Хонго и Кашива беше равна на естествения радиоактивен фон в някои населени места в света. Например един британец е изложен на около 2,5–3,0 пъти по-висока радиация от естествения фон, отколкото един жител на Токио. Освен това данните показваха, че след увеличението от 20–21 март, нивото на радиация в двата кампуса на Токийския университет и в питейната вода на Токио започна да спада, както се очаква при липса на ново замърсяване.

Семейството ми се безпокоеше за мен. Много приятели и колеги от Европа, които четяха новините в европейските медии, също бяха силно обезпокоени. Решението ми да остана се основаваше на анализа на фактите, споменати по-горе, и като „заложих“ на късмета си, че предсказаното от някои геофизици „голямото земетресение“ да удари Токио в някой бъдещ момент (неизвестно кога) няма да се случи скоро след земетресението на 11 март. Надявам се, че няма да се случи и в обозримо бъдеще!

На 25 март срещнах Хитоши Мураяма, който точно през тази седмица беше в IPMU (Хитоши работи и в IPMU, и в Калифорнийския университет, Бъркли, по равно). Той ми каза, че експериментите в Камиока (Супер Камиоканде, KamLAND, XMASS и пр.) не са имали никакво последствие от земетресението, но пък ускорителите в КЕК и J-PARC имат някакви повреди. Научих също, че много чуждестранни учени са анулирали или отложили визитите си в IPMU.

През втората и третата седмица след земетресението на 11 март положението в Токио и областта постепенно се нормализираше. В малките магазини всички стандартни храни бяха в наличност. Влаковете на експреса Цукуба възстановиха движението отначало до 60 % (без най-бързия влак), а след това и по разписанието преди земетресението. Прекъсванията на електрозахранването в кампуса Кашива спряха. Колегите се върнаха на работа в IPMU и научният живот се върна към нормалния си ритъм. Радиацията, измервана в кампусите Хонго и Кашива, както и в КЕК (в Цукуба) намаляваше. От началото на април нивото ѝ в по-голямата част на областта на Токио стана равно на нивото преди земетресението на 11 март. Вторичните трусове продължаваха. Имаше няколко труса на 8 април (петък), но първият, който стана около 8:20 сутринта, беше относително силен и дълъг и аз се чудех дали зданието на резиденцията, в която живеех, ще издържи. Но докато вече стигах до стълбището, за да изляза навън, то спря; зданието нямаше никакви повреди. Почувствах още един трус в метрото: влакът по линията Чийода, в който пътувах, беше на една от спирките, когато започна люлеене и вагоните започнаха бавно да се клатят. Никой не изпадна в паника, хората започнаха да се свързват към интернет с мобилните си телефони, за да получат повече информация. След като свърши люлеенето, изчакахме няколко минути, преди влакът да потегли отново.

Следващата последна част на моето писмо съдържа много лични и субективни коментари и наблюдения, някои от които може да се дължат на липса на достатъчна

информация и следователно да не са съвсем коректни. Моето впечатление за усилията на компанията ТЕРСО^{*3} да постави под контрол ядрения реактор в централата Дайки във Фукушима беше, че ТЕРСО трябваше да се изправи пред много и много сложни за тях проблеми. Компанията правеше, каквото можеше, за да избегне радиоактивно разпръскване, но мащабът на проблемите беше извън възможностите им. Очаквах, че правителството ще организира екип от експерти или ще покани чуждестранни експерти да помогнат на ТЕРСО да се справи много по-бързо. Не съм сигурен дали някои от другите компании, които управляват ядрени електроцентрали в Япония, предложиха помощ (може би тук греша). Това, което очевидно липсваше, е нещо като група за ядрена „бърза помощ“ – група от ядрени инженери, физици и техници, обучени да се справят с възможните комплексни проблеми в електроцентралите с ядрени реактори (не съм сигурен и дали такива групи съществуват в САЩ, Франция и други държави с ядрена енергетика). Моето впечатление е, че действията на Агенцията за ядрена и индустриална безопасност на Япония не бяха много полезни – те само упражняваха натиск върху вече намиращия се под силен стрес персонал на компанията ТЕРСО във Фукушима. Бях и много изненадан да науча, че електропреносната мрежа в западната част на Япония не е „съвместима“ с тази на Източна Япония, така че е невъзможен преносът на електричество от западната към източната част и обратно в екстрени случаи като този, когато електроцентралата във Фукушима спря да произвежда ток за източната мрежа. Това наложи пестене на мощности и доведе до мерки като спиране на електрозахранването в определени интервали от време, което имаше отрицателен ефект върху икономиката на Източна Япония. Ако двете мрежи се направят съвместими и се създаде единна мрежа в Япония, това ще има значителни икономически и практически предимства.

Накрая бих искал да използвам възможността да изразя моите най-дълбоки и искрени съболезнования към всички японски колеги и администрацията на IPMU за опустошението и човешките жертви, които предизвика земетресението на 11 март и следващите го вторични трусове и цунами. Бих искал също да благодаря на администрацията на IPMU, която направи всичко възможно да осигури нормални условия за работа и живот на гостите на IPMU през първите драматични седмици в Япония след земетресението на 11 март.

2 май 2011 г., Триест, Италия

Бележки

*1 Hiroshi Ooguri, професор в Caltech и главен изследовател в IPMU.

*2 Keliichi Maeda, асистент-професор в IPMU.

*3 TEPSCO – Tokyo Electric Power Company.

Превод: **А. Минкова**
IPMU News No. 14 June 2011

СПОМЕНИ ЗА УЧИТЕЛЯ

Роалд Сагдеев

По случай 100 години от рождението на големия руски физик Давид Албертович Франк-Каменецки (1910–1970) препечатваме спомените на неговият ученик (а по-късно и зет) акад. Р. Сагдеев.

За пръв път чух името на физика Давид Албертович Франк-Каменецки напълно случайно, без да подозирам доколко съдбата ще свърже бъдещето ми с него. Беше през зимата на 1953–1954 г. Бях четвъртокурсник във Физическия факултет на Московския Държавен Университет почти веднага след преминаването на университета в новото здание на Ленинските възвишения. Университетът с неговите огромни за времето си възможности стана място за провеждане на различни конференции. Заинтересуваните студенти можеха да прочетат на таблото обяви за конференции, които се провеждат в момента или се планират в бъдеще. Случайно хвърлих око на програмата на поредната конференция на физиците – вече не помня названието ѝ. Бързо прегледах имената на докладчиците и темите на докладите и вниманието ми се спря на фамилията Франк-Каменецки. Заглавието на доклада му просто се набиваше в очите – то като че ли изискваше да се спреш и да помислиш: за какво става дума? Темата беше формулирана примерно така: „Възможност за определяне на константата на слабото взаимодействие на основата на данни за Слънцето”. За студента физик константата на слабото взаимодействие е нещо свързано с ядрената тематика или физиката на микросвета. А тук изведнъж се оказва, че тя може да бъде определена от чисто макроскопски съображения по поведението на най-близката до нас звезда. Запомних името на докладчика, но след това, както обикновено, всекидневието ме погълна. А и да си призная, на такива конференции аз по правило не ходех. И постепенно забравих какъв екстравагантен доклад беше планиран на тази конференция.

Бях ангажиран с вземането на изпити по теоретичния минимум на Ландау и се надявах, че след време, ако не като дипломант, то поне като аспирант ще попадна в Института по физични проблеми. Обаче тези планове не било съдено да се сбъднат. Намеси се голямата политика на Студената война. В началото на пети курс заедно с още няколко студента бях повикан в деканата. Казаха ни, че ни предстои да заминем на дипломна практика на някакво място със загадъчно име „Приволжка кантора”. Опитите ни да разберем що за място е това и кои физици ще ръководят нашите дипломни работи, се оказаха безплодни. В отговор получавахме само многозначително мълчание и покашляне. Единствената информация която ни дадоха, беше инструкцията, как да се доберем дотам: Казанската гара, номер на влака и вагонът, който се оказа последен. На някаква глуха гара той беше откачен. Накрая, събуждайки се на сутринта, ние видяхме, че влаковата композиция бавно влиза в зона, обградена с бодлива тел. Това беше и „Приволжката кантора”.

Разбира се, ние подозирахме, че ни изпращат в някаква суперсекретна „пощенска кутия“, но няхаме и най-малка представа, що за хора работят там и с кого ще се срещнем. През първият ден в определеното време се явихме на посочения адрес в центъра на секретния град. Името му научихме отначало от нашите нови приятели, с които се запознахме в общежитието за млади специалисти, а след това в теоретичния отдел на тази известна тогава само на ограничен кръг лица, а по-късно станала световноизвестна „Приволжка кантора“. Това бе град Саров, или Арзамас-16, макар че той няма нищо общо с истинския Арзамас. Първата среща с бъдещите ни ръководители ни отвори очите. Това бяха Андрей Дмитриевич Сахаров, Яков Борисович Зелдович и човекът, чиято тема на доклад ме бе поразила преди година.

След встъпителния разговор въпросите трябваше да покажат доколко сме готови за сериозна работа, каква е основата ни по теоретична физика, стана почти стихийно разпределение между ръководителите. Трябва да кажа, че без каквато и да е инициатива от моя страна съдбата отново ме свърза с Давид Албертович, този път лице в лице, тъй като той се оказа научен ръководител на моята дипломна практика. Първото доста продължително събеседване с Франк-Каменицкий беше свързано в общи линии с физическата тематика, с която той се занимаваше, а именно пренос на топлинно и енергийно излъчване, изчисляване на коефициента на лъчиста топлопроводност в много горещи вещества. аз веднага разбрах, че това е онази „кухня“, където се бе родила идеята за връзка на процесите във вътрешността на звездите, определяща се на първо място от лъчистата топлопроводимост, с константата на слабото взаимодействие, която участва в цялата верига от термоядрени реакции и разпади. Благодарение на тази органична връзка възниква и опитът да се определи константата на слабото взаимодействие и да се сравни с данните от експерименталните изследвания по физика на микросвета.

Давид Албертович подробно ме разпитваше с какво се занимавам. Естествено, аз му казах, че съм в процес на полагане на изпити по теоретичния минимум на Ландау и че в бъдеще ще се опитам да уча аспирантура. Новият ми научен ръководител още от самото начало ми даде да разбере, че подкрепя тези мои планове.

Той ме заведе в стаята, където работеха неговите сътрудници, предоставяйки ми работна маса. Заслужава да се отбележи, че един от моите съседи в стаята беше Юрий Трутнев. По това време той беше младши научен сътрудник, а днес е академик на Руската академия на науките. И до днес той продължава да работи в Саров и оттогава е един от водещите физици при разработването на ядрено оръжие. В своите мемоари Андрей Дмитриевич Сахаров споменава специално приноса на Трутнев в една от ключовите идеи при създаването на водородната бомба.

Задачата която ми постави Давид Албертович като дипломна работа, нямаше нищо общо с военната тематика. Мисля, че той сам се опитваше постепенно да се откъсне от секретната тематика и да намери област за приложение извън границите на оръжейната физика. В частност астрофизиката, към която се отнася задачата за построяване на модел на звездите включително и модел на Слънцето, по това време беше една от „най-горещите“ нейни области. Както Яков Борисович Зелдович обичаше да казва,

Давид Албертович беше първият от „звездите”, работил по секретна тематика, който успя наред с оръжейната наука да се занимава и с проблеми от открита световна наука, показвайки и на Зелдович, и на Сахаров как се прави това.

Пак там, в Саров, се запознах и сприятелих с мой връстник, пристигнал на дипломна практика от Московския инженерно-физически институт – Анатолий Иванович Ларкин (Толя), който по-късно получи широко международно признание. В Саров негов непосредствен ръководител беше Андрей Дмитриевич Сахаров, а темата, която му бе поставена, бе по-близо до секретната тематика от моята. За студентите, пристигнали за дипломна работа, се грижеха доста добре. Бяхме настанени не в общежития, а в нормални квартири, така че всеки от нас имаше отделна стая. Бяхме назначени на щат като препаратори пети разряд, но заплатата ни беше доста по-висока, отколкото скромната студентска стипендия, която получавахме в Московския университет.

Така моята дипломна практика продължаваше с редовни срещи с Давид Албертович. Затвореният режим не позволяваше да се излезе извън границите на секретната зона, която включваше освен самия град Саров и територия с доста красива природа. Разбира се, аз не можех да пътувам до Москва и да посещавам семинарите на Ландау. Пред мен стоеше проблем: от деветте изпита на минимума ми оставаха два. Веднаж споделих с Давид Албертович, че ако не успея да взема тези изпити, това вероятно ще ми създаде проблеми при кандидатстване за аспирантура. Давид Албертович прие разговора присърце и не знам как, но успя да ми издейства две излизания за по няколко дни за полагане на изпитите. Издаваха ми специални разрешителни за излизане извън секретната зона. По такъв начин аз успях навреме да завърша пети курс и да взема всички изпити от теоретичния минимум на Ландау, за което съм безкрайно благодарен на Давид Албертович.

Самият Давид Албертович, според мен по това време (през 1955 година) практически се беше отдалечил от оръжейната тематика. Той работеше над това, което впоследствие залегна в основата на неговата книга „Физически процеси в недрата на звездите”. Това беше първата монография в съветската научна литература на тази тема. И за астрономите, и за астрофизиците тя стана настолна книга. Тези, които работеха в сектора на Давид Албертович – така се наричаше лабораторията му, имаха възможността да четат черновите, над които той работеше, и да обсъждат с него проблемите. На мен най-много ми провървя: темата на моята дипломна работа беше много тясно свързана именно с тази проблематика. В крайна сметка резултатът от моята дипломна работа беше публикуван във вид на статия в „Астрономическо списание” със заглавие „Към теорията на звездната непрозрачност”. Моята конкретна задача беше тясно свързана и с ефекти от чисто плазмено-физичен характер и беше озаглавена „екраниране на електричните полета на взаимодействащите частици”. Давид Албертович ме помоли да анализирам доколко такава плазмена екранировка влияе върху процесите на лъчистата топлопроводимост. Тогава аз още не знаех, че в близко бъдеще плазмата ще стане моя собствена научна тематика за много години напред.

Настъпи време за отпътуване, защитих дипломната си работа, и ние с Давид

Албертович се разделихме като добри приятели. Раздялата беше тъжна, но всичките ми мисли бяха вече в Москва, за бъдещата ми аспирантура в Института по физични проблеми. Пристигайки в Москва, с ужас разбрах, че съвсем наскоро Министерският съвет на СССР е приел секретно постановление, според което цялата наша група физици-теоретици и випускници на Физическия факултет на Московския държавен университет (МГУ) е изпратена на работа в още една суперсекретна „пощенска кутия“, която трябваше скоро да се открие някъде в Урал. По-късно тя беше наречена Челябинск-70 (днес тази „кутия“ е известна като Руски научноизследователски институт по техническа физика във все още затворения град Снежинск).

За разлика от по-голямата част от моите съвипускници, аз вече знаех за какво става дума, защото пребиваването ми в Арзамас ми отвори очите за много неща. Разбирах, че това означава край на моите надежди да стана физик теоретик, ученик на Ландау. Аз отидох при Лев Давидович и му разказах за това което се беше случило. Той изпрати до комисията по разпределение на випускниците писмо, което естествено беше игнорирано, „надцакано“ с по-висока карта: с подписа на председателя на Министерския съвет. Единственото, което Ландау можеше да ме посъветва, бе да проявя твърд характер и да не подписвам документите за разпределение. Разчитайки на това, че през това време ще предприема действие по всички възможни канали, той ме посъветва дотогава да продължавам да посещавам неговите семинари. Около два месеца аз останах в общежитието последният обитател от студентите в нашия курс. Всички останали се бяха разотиили. Почти всички мои колеги от групата на ядрените теоретици (около двайсет човека) заминаха за Урал. Само двама души от нашата група успяха да се освободят от жестокото разпределение – бащата на единия беше известен физик, свързан с подобни секретни изследвания, а за другия се застъпи баща му, заемащ пост на първи секретар на областен комитет на партията.

Минаха два месеца и по време на един пореден разговор Ландау ми каза: „Е, вашият проблем 80% е решен“. Попитах: „Какво означава 80%“, а той ми отвърна: „Вие няма да ходите в Урал, но за съжаление, не попадате и при мен. На много високо място в резултат на намесата на Курчатов стана възможно да Ви освободят от разпределение в Урал, при условие че ще работите в института на самия Курчатов. Но Вие ще можете да идвате при мен на семинари и ние ще можем да поддържаме най-тесни контакти“. Това е всичко което можа да постигне великият Ландау в онази епоха.

Аз занесох документите си в Курчатовия институт, тогава той се наричаше Лаборатория за измервателни прибори на Академията на науките (ЛИПАН), макар разбира се, да нямаше нищо общо нито с измервателните прибори, нито с академията. Днес той се нарича Институт по атомна енергия „Курчатов“. Още с подаването на документите съвсем неочаквано разбрах, че като млад специалист ще работя като „старши лаборант“, следващата степен след препаратор пети разряд в току-що създадения сектор под ръководството на Давид Албертович Франк-Каменецки. Чак тогава разбрах всичко: връзката Ландау–Курчатов–Франк-Каменецки явно е била включена в действие от самото начало и тя ме беше освободила от участие в оръжейната физика,

в която бяха въввлечени много мои състуденти. Стана ми ясно също, че това, към което се стремеше самият Давид Албертович – да се измъкне от сферата на приложната секретна тематика и да се посвети на открита физика – в края на краищата му се беше удало. Мисля, че тук Курчатов беше изиграл особена роля и му беше помогнал да се завърне от Саров в Москва.

За мен започна съвсем нов живот. Бях най-първият сътрудник на Давид Албертович в неговия нов сектор в ЛИПАН. Скоро, буквално след по-малко от месец, се появи още един млад специалист – Леонид Иванович Рудаков, който беше завършил МИФИ в една група с Толя Ларкин. Между другото, Ларкин също успя да се премести от Саров в Курчатовския институт, но попадна на работа в друг отдел – при изтъкнатия съветски физик Аркадий Бенедиктович Мигдал. Тематиката на сектора на Франк-Каменички вече не беше свързана с „изделията“, но въпреки това първоначално се смяташе за секретна. Управляемият термоядрен синтез беше все още наука зад седем печата. Давид Албертович трябваше да впрегне целия свой малък колектив да работи за решаване на този проблем. С голям интерес не само участвах в този процес, но и бях свидетел на това, как вече не съвсем млад учен трябва рязко да смени своите интереси във физиката. Зад гърба си Давид Албертович имаше големи научни постижения в областта на физико-химията. Мисля, че от школата на академик Н. Н. Семъонов никой не беше проникнал в проблемите на горенето и свързаните с него въпроси на химическата кинетика както Д. А. Франк-Каменецки. Не случайно монографията му „Дифузия и топлопредаване в химическата кинетика“ е класика, написана преди повече от 60 години и преиздадена многократно. Разбира се, съществува много общо между управляемия термоядрен синтез, който ние се опитвахме да осъществим в лабораторни условия, и термоядрения синтез, който протича във вътрешностите на звездите и Слънцето. Още повече тук огромна роля играе магнитното поле и магнитната хидродинамика. Давид Албертович трябваше за пореден път до усвои съвършено ново научно направление. На мен и на Леонид Рудаков това ни се удаваше значително по-лесно, защото ние токущо пристъпвахме в науката, всичко беше ново. Едва по-късно разбрах колко трудно е да „презаредиш“, да превключиш от старата тематика в новата. Давид Албертович успя да го направи с чест. Той не се присъедини към вече изказаните идеи – опит да нагрее плазмата до високи температури и да я задържи, а намери свой подход, свързан с физиката на резонансните явления, предлагайки метод за загряване на плазмата, основан на т.нар. магнитно-звуков резонанс. Това е същият акустичен резонанс, но обектът и средата, в която протича, трябваше да бъде горещата плазма в магнитно поле. Идеята се състоеше в това, че резонансът може да помогне за по-бързото превръщане на енергията на външния високочестотен източник в топлинна енергия на плазмата.

Много скоро се изясни, че Курчатов е привлякъл към термоядрената тематика още един сътрудник от своя институт, в миналото работещ по суперсекретната тематика – Евгени Константинович Завойски. Навремето той беше направил едно от най-важните открития във физиката през първата половина на XX век: откриването на електронния парамагнитен резонанс. Този метод и до днес е един от най-ефективните при изучаване

на свойствата на веществото и в приложната физика, химията и биологията. След това (буквално две-три години след откритието си) Завойски също е бил „мобилизиран“ с военни разработки. И накрая през 1956 г. Курчатов решава да го освободи от оръжейната тематика и да го пренасочи към термоядрените изследвания, тогава все още секретни. Тук аз наблюдавах и в известна степен участвах в създаването на партньорство и творческо сътрудничество между Давид Албертович и Евгени Константинович. Физиката на резонанса има свое особено звучене и затова Завойски с ентузиазъм се зае с реализирането на идеята на Давид Албертович – нагряване на плазмата чрез магнитно-звуков резонанс. Тяхното сътрудничество продължи няколко години. След това, както често се случва в науката, интересите им се разминаха. Завойски продължи да работи над проблема за високотемпературното нагряване в модифициран вариант, който тогава се наричаше „високочестотно турбулентно нагряване на плазмата“. В тези изследвания голяма роля изиграха сътрудниците и учениците на Давид Албертович, особено Леонид Иванович Рудаков.

Широтата на научните интереси на Д. А. Франк-Каменецки практически отразяваше неговата природа, вкуса и интересите му извън физиката. Те обхващаха практически всичко – литература, поезия, история, музика. Мисля, че тази енциклопедичност и жажда за знание да разбереш новото в най-различни области го правеше близък с хората от епохата на Възраждането.

Моят научен подход се оформи под влияние на школата на Ландау, полагаането на изпитите по неговия „теоретичен минимум“, семинарите, които посещавах ежеседмично, и в края на краищата моята кандидатска дисертация. С благословията на Давид Албертович аз я защитих пред Научния съвет на Института по физични проблеми, на който ме представи сам Ландау, получавайки съгласието на Пьотър Леонидович Капица, завърнал се неотдавна от домашен арест в директорския си кабинет в института. По начина на мислене аз бях физик-теоретик от „по-строгия“ тип – залагащ повече на математичното доказателство, постигнато след сложни изчисления. Давид Албертович, напротив, беше в известен смисъл „физик поет“ – той тръгваше от интуицията, от опита да построи проста физична картина на явлениято. По-официалният строг подход, изискващ точни доказателства и изводи, понякога даже сковаваше моя ум. Когато в мен се появяваше някаква интуитивна идея, физически достатъчно правдоподобна, но която аз не можех да изложа в строга форма, отговаряща на стандартите, да кажем, на семинара на Ландау, Давид Албертович беше винаги готов да ме изслуша и да ми даде правилен съвет. Така по време на един от майските ни речни походи с лодка през 1956 г. у мен възникна идея, явно по аналогия с водните вълни, която впоследствие беше наречена „ударни вълни без стълкновения“. След цялата знаменита поредица на курса на Ландау-Лифшиц, в един от последните ѝ томове, най-дебелият – „Механика на непрекъснатите среди“, в който се дава правилно разбиране за това, що е ударна вълна, беше трудно да си представя, че могат да съществуват и ударни вълни без стълкновения. Обаче аз стигнах до тази идея, защото логиката на стандартния подход за случая на високотемпературна

плазма трябва да доведе именно до такъв извод. Но се страхувах да говоря на тази тема както с Ландау, така и с другите физици от неговата школа.

Не без трепет разказах идеята си на Давид Албертович, добавяйки, че все още съм много далеч от възможността да докажа математически изводите си, както го изискват „стандартите“, приети в теоретичната физика. Давид Албертович ми зададе няколко въпроса, след това ние обсъдихме качествените страни без математика, след което той буквално за ръка ме поведе на неголяма конференция на астрономи и астрофизици в Москва, увещавайки ме, че „непременно трябва да разкажа за това“. Така първият ми доклад по тази тема, все още като хипотеза, беше изнесен на Всесъюзното съвещание по космология. Ако не беше Давид Албертович, вероятно щях да продължа опитите си да построя строга теория, което, както показва развитието на тази тема, в това число и моите усилия – а аз трябва да кажа без излишна скромност, че се смятам за един от водещите учени в тази област – щеше да заеме няколко години и аз можех да загубя приоритета си. Впрочем наскоро на ежегодната конференция на Американското геофизично дружество в Сан-Франциско се проведе специален симпозиум „петдесет години ударни вълни без стълкновения“. Безкрайно съм благодарен на Давид Албертович за това, че той тогава буквално ме изтика на трибуната на съвещанието: не е известно още колко време щях да набирам смелост да публикувам работата си.

След моята женитба, смятайки, че не е удобно да работя в лабораторията на тъста си, отидох при Франк-Каменеcki и му казах: „Давид Албертович, струва ми се, че би било по-правилно да се преместя в друга лаборатория“, и ние много спокойно обсъдихме всичко. По онова време нямаше бариера между секторите на Давид Албертович и Михаил Александрович Леонтович, чиито сътрудници работеха в съседни стаи, и ние заедно отидохме при Леонтович и му изложихме същността на проблема. По такъв начин аз официално се оказах сътрудник на Михаил Александрович, въпреки че продъл-



Б. Зелдович, А. А. Сахаров, Д. А. Франк-Каменеcki

жаваха да поддържам постоянни контакти с Давид Албертович. Искam да отбележа, че тези двама души, оставили дълбока диря в науката и станали образци на необикновена човешка добросъвестност, се отнасяха един към друг с огромно уважение. Между тях никога не съществуваше ревност, затова не е учудващо, че сътруд-

ници на Давид Албертович като мене и Леонид Иванович Рудаков имаха много общи работи с учениците на Леонтович, сред които плодотворно съм сътрудничил с Витали Дмитриевич Шафранов.

Широтата и енциклопедичните знания на Давид Албертович Франк-Каменецки се проявяваха и в подхода му към физика на плазмата. Той беше първият, който излезе извън границите на чистата високотемпературна плазма, необходима за управлението на термоядрения реактор. Той говореше за напълно различни области при бъдещи приложения на физика на плазмата – сред които и плазма при екстремни състояния на веществото в първите секунди и минути след Големият взрив и плазмени процеси в свръхплътни среди и др. В своята забележителна научно-популярна книга „Плазмата – четвърто състояние на веществото” той говори точно за многообразните форми и състояния на плазмата. Тази удивителна книга е преиздавана многократно в продължение на половин век. Никой от корифеите на плазмената наука не е успял даже да се приближи до такава яснота при предаване на сложната физика с толкова прост и увлекателен език. Давид Албертович измисли думата „еиплазма”, за да покаже напълно нови варианти за използване на плазмената физика. Пример за еиплазма може да бъде плазма, състояща се само от електрони и позитрони. Сега астрономите твърдят, че т.нар. „галактични джетове” – струи от вещество, излъчвани от центровете на галактики, свързани с произхода на черните дупки, в редица случаи могат да бъдат идентифицирани точно като такава еиплазма. Или да кажем, свръхплътната глюонна плазма, за която сега смело говорят ядрените физици, изучаващи процесите на сблъсъци на тежки ядра при много високи енергии, достигани в знаменития ускорител на тежки ядра в Брукхайвън в САЩ.

Мисля, че необикновената интелектуална разкрепостеност и свобода на мислене позволяваха на Давид Албертович да мисли и говори в такива категории, които за някои „пуритани” на теоретичната физика биха изглеждали преждевременни и математически непотвърдени. Научните интереси на Давид Албертович излизаха извън рамките не само на физиката на плазмата и астрофизиката, но и въобще на физиката. Той се интересуваше от биологията и разработваше високочестотните методи от гледна точка на въздействието на микровълновите полета върху биологичните среди и организми. В това отношение той също имаше свои колеги, ученици и публикации.

Давид Албертович притежаваше поразителна поетична памет – в разговори извън науката той можеше по памет да цитира стихове на Пастернак, поети от началото на XX век и ранни съветски поети. Не познавам друг човек с такава уникална памет. Английският му език беше удивителен – дори не можех да си представя откъде го знаеше, след като областта на неговите научни изследвания беше строго секретна и той не можеше и да мечтае за излизане зад граница. В Курчатовия институт той беше най-добрият преводач и когато към края на петдесетте години нашата тематика започна постепенно да се разсекретява и на семинарите се появяваха чуждестранни изследователи, той винаги заставаше до докладчика и превеждаше. По-късно разбрах, че той просто четеше западната художествена литература на английски език. И до днес си

спомням разговора ни за американската литература за онова време: той знаеше почти всичко, следеше за нови имена и четеше техните произведения в оригинал, а не в превод. Не е за учудване, че книгата му „Физическите процеси вътре в звездите” получи отзвук и в чужбина. Давид Албертович кореспондираше със знаменития американски ядрен астрофизик Фаулер, който по-късно получи Нобелова награда. Помня с какъв интерес и уважение се отнасяше професор Фаулер към Давид Албертович.

Неудържимата ненаситна жажда за новото – било от областта на науката или литературата, се разпространяваше върху всичко. Искам да завърша спомените си с един забавен, но много характерен за Давид Албертович епизод. През лятото на 1958 г. за пръв път попаднах на международна конференция – Втората Женевска конференция по мирното използване на атомната енергия. Бях член на огромна делегация от около двеста души. Обикаляйки из Женева, случайно видях в магазин компактен пистолет – истински „Валтер”, който можех да купя свободно. Различието от истинското огнестрелно оръжие беше в това, че той беше стартов пистолет, който освен това можеше да се зарежда и с патрони със сълзотворен газ. Бях млад, беше ми любопитно и реших да се снабдя с тази играчка и да я отнеса в Москва. Мисля, че сега това би било невъзможно, но тогава никой не проверяваше нашите куфари. Естествено, отидох с пистолета на работа и го показах на Давид Албертович. Той беше толкова любознателен и любопитен, че пожела да изпробва действието на сълзотворния газ върху себе си и аз ужасен наблюдавах какво става. След изстрела той побягна към чешмата да си промива очите, което му отне десет-петнайсет минути, а след това подробно разказа своите усещания в хода на този познавателен, но рискован експеримент.

Превод: **Н. Ахабабян**

**Посетете нашия сайт
WOR.COINTECH.NET**

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

ОСНОВИТЕ И СЕГАШНОТО СЪСТОЯНИЕ НА МАТЕМАТИЧНАТА ФИЗИКА

(Встъпителна лекция, четена на 20.V.1921)

от Г. Ив. Манев.



Георги Иванов Манев

Георги Манев е роден на 15 януари 1884 година (по стар стил) в град Велико Търново. Във Физико-математическия факултет изучава специалността математика и физика, а през свободното си време работи.

Георги Манев завършва Софийския Университет и се явява на държавен изпит за учителска правоспособност по математика през октомври 1906 г. От следващата година е учител по физика и математика в Търновската мъжка гимназия. От 11 август 1912 г. до 13 октомври 1912 г. и от 31 септември 1913 г. до 1 септември 1914 г. Георги Манев е на специализация по теоретична физика при професор А. Буас в град Тулуза, Франция. Като офицер Георги Манев участва в Балканската и в Първата световна война. Награден е с ордени за храброст.

През следващите двадесет и пет години той преподава в Софийския университет. По предложение на професор Александър Христов Физико-математическият факултет го избира за асистент. На 1 септември 1919 г. е подписан „акт въ удостоверение на това, че назначението съгласно №

1736 от 23 юли 1919 г. за асистент по физика при Физико-математическия факултет на Университета г-нь Георги Ив. Маневъ встъпи въ изпълнение на длъжността“.

Професор Георги Ив. Манев е декан на Физико-математическия факултет (1926–1927 г. и 1930–1931 г.), ректор на Университета (1936–1937 г.) и министър на народното просвещение (24 януари 1938 г. – 14 ноември 1938 г.). Той е награден за дейността си с ордени За гражданска заслуга, втора степен, Св. Александър, четвърта степен. [1]

Прочел на 20.05.1921 г. встъпителната си лекция „Основите и сегашното състояние на математичната физика“.

Колкото и обикновена да е темата, на която ще Ви говоря, все пак мисля, че е необходимо да разясня въпросите около нея, защото поне в общи черти би требвало да се знаят основите и сегашното състояние на една наука, която за пръв път ще се чете във нашият университет.

Математичната физика заедно с експерименталната физика представят двете най-съществени разклонения на науката, която разглежда и изучава общите свойства на телата – физиката. Една от друга, математичната и експерименталната, се различават съществено по особената форма на изследване. До като в експерименталната преобладава експеримента – опита, във математичната преобладава математичния елемент. Това различие не е само във методите на изследване но е и по същество – по задачи и цели.

Известно е, че опитът е единствения източник на истина – само той може да ни научи нещо ново, само той може да ни проясни въпросите – два пункта, които никой не може да оспори. Ако до тук се бе спрело, тогава ще бъде достатъчна експерименталната физика и

нема да има място за една математична физика. Обаче не е достатъчно само да се експериментира и наблюдава, трябва да си послужим по-нататък с тия наблюдения, – трябва да се обобщава. Иначе какво би представлявала науката? Нали само една грамада от безредно струпани, макар и в огромно количество, опити. Но на нас не е нужна само една грамада камъни, а е нужно от тия камъни да се изгради едно стройно научно здание.

Освен това, при научното изследване е необходимо да се предвижда. А без обобщение, нема предвиждане. Обстоятелствата, във които експериментираме, нема да се върнат никога във целостната си форма. Единственото нещо, което може да заключим, това е, че при аналогични обстоятелства ще се произведе аналогичен факт. За да предвидим един опитен резултат, поне трябва да предизвикаме аналогия, т. е. да обобщаваме.

Опитът ни дава само известен брой изолирани точки, трябва да се съединят с една непрекъсната крива, – това е истинското обобщение. Обаче не се спираме тук, отиваме по-нататък. Кривата, която ще прекараме нема да мине през всички точки. Некои точки, а в известни случаи и всички точки, ще лежат близо до кривата, но не върху самата нея. По такъв начин дохождаме и до поправката на опита. Подобни криви графически ни представят законите и на експерименталната физика. Ако се придържахме извънредно строго в опита, без да го корегираме, бихме дошли до съвършено странни и невъзможни закони.

Освен това, самото експериментирание не би било възможно без една преднамерена идея. Случайните опити, които да са дали известни придобивки, са редкост. Преднамерената идея се явява резултат от обобщеното възрение във дадена област на науката, като, разбира се, смятаме ценно само това обобщение, което увеличава полезния ефект на научната машина.

При това, всеко обобщение предполага верата в единството на природните явления и простотата на природните закони. Така например, нека вземем пак отделните точки, които ни даваха различните опитни данни. За да получим закона ние съединяваме тия точки. Кое ни кара обаче да извършваме това съединение по най-късия път? Не е ли верата във простотата на природните закони. Наистина не всекога това съединяване може да стане. Често пъти, за да се мине от точка във точка, това може да стане по всевъзможни криви линии. И до като не ни е дадено противното, ръководейки се от идеята за простотата на природните закони, ние сме склонни да приемем най-късия път. Даже Херц строи цялата механика върху тоя именно принцип. Релативната теория пък го приспособява във пространство със повече от 3 измерения.

Обаче всеко обобщаване се ръководи от една хипотеза; може даже да се каже, че всеко обобщаване е хипотеза. Ролята, която играе хипотезата при научното обобщение, е значителна и никой не може да я оспори. Само че хипотезата винаги трябва да бъде най-бързо и най-често подложена на доказване. Не издържи ли, трябва веднага да се напуска. Това не трябва да обезпокоява ни най-малко, защото една пропаднала хипотеза има, ако не по-големо, то поне еднакво значение като тая, която във даден момент господства. Защото, макар и пропаднала, тя по-рано е господствала и един неочакван факт я поставя във противоречие със други хипотези. Със нея значи се е успело да се намери нещо ново, нещо непознато. Употребяването на много хипотези обаче е опасно. Появи ли се некой опитен факт, явява се въпроса: коя от хипотезите е неверна, коя трябва да се отхвърли?

Но не само обобщаването във физическите явления е породило математичната физика. Да отидем по-нататък. За да може да се изучи и направи понятно, да се проникне по-дълбоко в едно сложно явление, дадено направо от опыта, необходимо е това явление да се разложи на елементарни явления. Това става по следните начини.

Най-напред го разлагаме по времето.

Вместо да обгръщаме във неговата целост прогресивното развитие на едно явление, търсим просто да свържем всякой негов момент със непосредствено предишния; приемаме, че сегашното състояние не зависи освен от най-близкото, без да бъде повлияно, тъй да се каже, от спомена за едно по-далечно минало. Благодарение на тоя принцип, вместо да изучаваме направо редицата явления, може да се ограничим да изучим явлението в един момент, или това представено във математична форма – като написваме диференциалното уравнение, във което една от независимите променливи е времето.

След това разлагаме явлението във пространството.

Опита ни дава сбор от факти, които се развиват в едно определено пространство. За да се разнищи явлението, трябва да се разгледа елементарния процес, който се развива в една много малка част от пространството. За да се разбере тая мисъл, нека разгледаме следния пример. Огъваме една пръчка. Тя ще вземе една форма, на която изучаването направо би било невъзможно. Тукати ще се справим с явлението, ако погледнем на огъването, като резултанта на деформацията на твърде малките елементи от пръта, при условие, разбира се, че деформацията на всякой елемент зависи само от силите, които му са направо приложени и ни най-малко от тези, които са приложени към другите елементи.

За да дойдем до елементарния процес има още един способ. Ако много тела действат едновременно, може да се случи техните действия да бъдат независими, и, за да получим общото действие, трябва просто да се прибавят техните действия едно към друго. Елементарно явление е действието на едно изолирано тело. И всяко тогава наблюдавано движение ще бъде разложено на прости движения: звука – на своите обертонове, белата светлина – на своите съставни монохроматични цветове.

Това са пътищата, по които се търси елементарния процес, но явява се още един въпрос – как? Отговора е – чрез опыта. Във състояние ли е обаче опыта да ни даде напълно елементарния процес? За да разберем това, нека вземем един пример. Нека разлагаме лъча, ще получим все по-тесни и по-тесни едноцветни ивици; но дали сме стигнали до елементарния процес? Не. Там ще ни заведе само теоретичното съображение.

Щом по такъв начин стигнем до елементарния процес, ние можем, както споменахме по-рано, да поставим проблемата във диференциални уравнения; не остава освен, чрез комбинация на елементарните процеси, да изведем наблюдавания сложен факт. Това е, което се казва интегриране във математиката, и което е също тъй задача на математичната физика, щом се касае до физични явления.

Само би се попитало, защо обобщението взема математична форма? Това не е само, защото трябва да се изразят численни закони, това е защото наблюдаваното явление е резултат от налагането на едно голямо число елементарни процеси, всички подобни помежду си. Не е достатъчно само всеки елементарен процес да се подчинява на прости закони;

необходимо е, щото всички, след като се комбинуват, да се подчинят на същия закон. Само във такъв случай би имала смисъл математиката във физическите процеси и само благодарение на хомогенността на изучаваната от физиците материя би могла да се появи математичната физика. В естествените науки няма тия условия, а именно хомогенност, относителна независимост на отдалечените части, простота на елементарния процес, и затова начините на обобщение на естествениците са по-други.

Тази особеност на физическите процеси е карала чистите математици да засегат въпроси от математичната физика, със цел да намерят интересни примери за трудните математични проблеми; също тъй и историята на развитието на математиката ни показва, че една голяма част от математичните въпроси са образувани благодарение на примерите, които е предложила най-напред физиката. Така е за чистата математика, но не и за математичната физика. Тука, в математичната физика, се търси по-ясна, по-нагледна форма за физическите закони, търсят се най-подходящи математични методи, за да се превъзмогне сложността на физическия процес. Във математичната физика се учи физика, а не математика; със математиката се прави пжтя сравнително по лек и удобен. Разбира се, че за пълното разглеждане на въпросите, за съставяне на целостен мироглед, за изчерпване на всичкия струпан от опита материал, е необходимо едно навлизане във най-големите дълбини на математичния анализ.

Колкото се касае до математичните методи, самите физични въпроси ги подсказват. И ако в известни случаи са необходими методи, които по една или друга причина не са стигнали своето пълно развитие, физиката ги тласка напред; във скоро време израства цел математичен отдел, нужен за физическите явления. Така например, във втората половина на миналото столетие електродинамиката стигна висока степен на развитие – тя обедини трите области: електричество, магнетизъм и светлина. Алгебричния анализ се усложни. Не само броя на уравненията но и абстрактната форма, във която се поставиха тия уравнения, толкова заплетоха въпросите, че направиха извънредно трудно навлизането във тая област. Появи се геометричния метод – векторния анализ, който не само, че намали броя на уравненията, но даде и една голяма нагледност на сложните въпроси. Развиха се векторните функции, които още повече олесниха и опростиха разрешението на заплетените физични проблеми. Така например, релативната теория не може без векторния анализ. Само благодарение на това мощно средство е навлезла далеч във лабиринта на Римановата геометрия, която третира въпроси във пространство със повече от 3 измерения.

Въоръжена със подобни мощни средства, математичната физика можа да се справи със натрупаните експериментални факти и да ги постави във пълна хармония със теоретичните си съображения. Така бе до края на миналото столетие. Появиха се обаче нови неочаквани факти, не влизащи във рамките на старите теории. Създадоха се нови смели хипотези, които влезоха във конфликт със здраво вкоренените стари представления. И във тая борба на стари и нови теории, първото впечатление е, че се намерваме в един период на лутане, на пипане без цел, във противоположност на току-що изчезналата класична епоха, отличаваща се със спокойствието, яснотата и сигурността на представленията и хипотезите си. И сега математичната физика на пръв поглед ни се представя като едно

здание със порядъчна възраст, но станало ронливо, чиито части почват да се рушат и чиито основи заплашва съсипване.

Впрочем нищо не е по-неточно от една подобна идея. Известно е, че във сградата на физическите теории във този момент се развиват големи и дълбоки промени. Но един по-точен анализ ще ни покаже, че тука не се касае за дело на разрушение, но по-скоро за довършване и разширение. Известни части на зданието са преместени единствено, за да им се намери едно по-подходно и солидно място. Приетите от математичната физика основни принципи са тъй солидни и сигурни, както във всяко друго време.

Нека във няколко реда покажем това.

Първата покана да се ревизира и преработи коренно една физична теория иде почти винаги от установяването един или повече факти, които не могат да се поставят във рамките на теорията. За теоретика нищо не е по-интересно от един факт, който се намерва във противоречие с обобщоприетата теория, защото от там почва неговата истинска работа. Какво трябва да се прави във подобен случай? Едно нещо е сигурно, а то е, че съществуващата теория трябва във нещо да се измени, за да се съгласи със новоустановения факт. Но във кой пункт на теорията трябва да се направи поправката, това е един доста труден и заплетен въпрос. Защото един факт не може да създаде една теория. Тази последната се състои от различни предложения, свързани помежду си. Може да я сравним с един сложен организъм, чиито различни части са във такива разнообразни, във такива интимни връзки, че всяко засегане една коя да е част, ще се почувства винаги повече или по-малко във различни други точки, често твърде отдалечени. Ако всички предложения, от които е съставена теорията, са във конфликт със новия факт, решението е твърде лесно – цялата теория се отхвърля. Но често въпроса се поставя малко по-иначе – новия факт поставя във конфликт две или три от предложенията на теорията, които до тогава са се намирали във пълна хармония. Борбата продължава често години и даже десетки години. Крайното решение е изхвърлянето на ония начала, които не са издържали борбата и поставяне на една степен по-високо ония, които са излезли победители.

Във конфликтите, станали последните години, това са общите велики принципи на физиката: принципа за запазване на енергията, принципа за запазване количеството на движението, принципа на най-малкото действие, принципите на термодинамиката – които са останали господари на бойното поле; и техното значение се е още повече увеличило, тогава когато предложенията, които са паднали във борбата, са тия, които също са служили за изходна точка на всичките теоретични развития, и ако не са ги засегали по-рано, това е защото са ги сметали за очевидни или даже защото са ги забравили да ги разглеждат, вследствие дългия вкоренен навик.

На кратко може да се каже, че развитието на математичната физика запазва своя характер, като кара да тържествуват великите физични принципи върху известни идеи и представления, дълбоко вкоренени, станали такива благодарение на навика.

За да станат по-ясни тия обяснения, нека, макар и на бързо, да разгледаме тия предложения, които до сега беха по навик употребявани, за да служат за очевидна основа на всяка предложена нова теория, но които, при светлината на новите факти, са се показали

невъзможни във присъствието на общите принципи на физиката или поне само като твърде съмнителни. Три такива ще разгледаме: неразрушимостта на химическите атоми, независимостта между времето и пространството, непрекъснатостта на всички динамични действия.

Не е нужно тука да привеждаме всички доводи против неразрушимостта на химическия атом: достатъчно е да се покаже на един такъв факт, а именно на един конфликт между този принцип и един от общите принципи на физиката. Този факт е постоянното произвеждане на топлина от радий и радиоактивните тела: физическия принцип е тоя за запазване на енергията. Конфликтът, въпреки че се чуваха силни гласове, които искаха да турят във съмнение принципа на енергията, се свърши със пълната победа на тоя последния.

Ако в една оловена кутия със дебели стени, затворим некая радиева сол, то всекой грам радий в 1 час ще отделя по 135 калории топлина. Във кутията е винаги по-топло от вън: също като че ли кутията е една запалена печка. По принципа за запазване на енергията, наблюдаваната топлина не може да произлезе от нищо; трябва да има нещо, което да ѝ бъде еквивалентно. Във радиевата сол, в отсъствие на всеко друго химическо действие, трябва да приемем едно именуние на атома на радия. И тая смела хипотеза, противоречаща на старите химически разбирания, се наложи във всички свои точки.

Не по-малко очевидно от неразрушимостта на атомите е взаимната независимост на пространството и времето. Въпросът да се знае дали две събития, които се произвеждат във две различни места, са едновременни или не, имаше по-рано съвършено определена физична смисъл. Днес това е съвсем другояче.

Има един факт, който най-тънките оптични и електродинамични опити винаги са потвърждавали до сега, който накратко, макар и по един неясен начини, се казва релативност на движенията. Този факт е турил старото представление за независимостта на времето и пространство във конфликт със принципа за постоянството на скоростта на разпространение на етерните трептения, даден от Максвел – Лоренцовата електродинамика. Приемем ли релативността като експериментално доказана, трябва да пожертваме или принципа за запазване скоростта или независимостта между пространството и времето.

Да вземем за това един прост пример: нека изпратим от Софийската безжична станция един сигнал по всички посоки. Всички станции, които се намерват на еднакво разстояние от централата, ще получат сигналите едновременно и ще могат да поправят своите часовници. Тъй е според стария принцип за независимостта на времето и пространството. Но това регулиране не може да стане, защото във периода време, за което сигнала се разпространява от централата до окръжаващите станции, за същото време земята се е предвигила напред във постъпателното си движение. И тогава, според принципа за постоянството на скоростта на разпространението на светлината, е ясно, че тези станции, които са във посока на движението на земята, гледани от централата, ще получат по-късно сигнала от противоположните: първите станции ще бегат пред електрическите вълни, които трябва да приемат, когато противоположните ще избързват. Този факт и други подобни показаха, че времето и пространството са свързани, че всеко место във пространството се наблюдава в едно време и че всеко време може да има смисъл, когато е отнесено към некое место във пространството. Даже почнаха да разглеждат времето и пространството като равноправни

членове на една координатна система. Борбата между тия два принципа не е завършена, но всички изгледи са, че тя ще се свърши във вреда на старото понятие за независимостта между времето и пространството.

Третия основен принцип, това е принципа за непрекъснатостта на динамичните действия. Това е едно предложение, неоспорвано до сега за всички физически теории, предложение, което се крепи на възвестеното още от Аристотеля *Natura non facit saltos* – природата не прави скокове. Но във тая крепост на физическата наука, създадена още от древността, модерната критика е направила един значителен пробив. Този път, това са термодинамичните принципи, със които това предложение е влезло във конфликт на почвата на новите опити, и, ако симптомите не ни мамат, дните, които има още да живее, са прочетени. Природата прави не само скокове, но и ги прави по един чуден начин. За по – голяма нагледност нека вземем един пример.

Да си представим една маса вода, например едно езеро, във което силни ветрове са произвели огромни вълни. След преставането на вятъра, вълните ще се поддържат известно време, като отиват от единия брег до другия. Ще стане тогава едно характерно изменение. Енергията на движението на по-дългите и по-големи вълни ще се измени, особно като се бият вълните във бреговете или други твърди тела, в енергия на движението на все по-къси и по-къси и слаби вълни. Този процес ще трае до тогава, до когато вълните станат толкова слаби и тъй се разнебитят, че почват да се изплъзват от окоето на наблюдателя. Това е трансформация на едно видимо движение във топлина, на движение на една маса във молекулно движение, на едно наредено движение в едно безредно: във нареденото движение всички молекули притежават една обща скорост, тогава когато във безредното движение всяка молекула притежава своята специфична скорост.

Но този принцип на раздробяване не продължава до безкрайност, той намира своята естествена граница във величината на атомите. Движението на един атом е винаги едно наредено движение, понеже различните части на един атом се движат всичките с обща скорост. Ако са по-големи атомите, по-малко далеч ще отива раздробяването на енергията.

Но нека се помъчим да реализираме друг един процес, но не вече със водните вълни, а със светлинните и топлинните вълни. Ще предположим, че лъчите изхождат от едно силно нагрето тело и чрез огледала да ги вкараме в една празнина, гдето те непрекъснато да се отразяват от огледалните стени на празнината. Тука също тъй би требвало да се произведе едно постепенно преобразуване на енергията на лъчите със по-дългите вълни във по-къси, от наредено излъчване във безредно. На по-дългите и по-големи водни вълни отговарят вълните на инфрачервените лъчи, а на по-късите и по-слабите – ултравиолетовите лъчи на спектра. Според класичната теория би требвало да се очаква, щото енергията на излъчването изцяло да се отведе в ултравиолетовата част на спектра, или че инфрачервените и видимите лъчи да изчезнат постепенно и да се превърнат в ултравиолетови невидими лъчи, или както ги казват химически лъчи.

Във природата, обаче, не може да се открие ни най-малка следа от подобно явление. Преобразуването на енергията тука стига рано или късно своя край, и от този момент състоянието на излъчването остава постоянно и определено. Всички опитвания, за да съгласят

тоя факт със класичната теория, са пропаднали. Би трябвало да се направи една ревизия на класичната теория. Принципите на термодинамиката са се показали непоколебими и тука. Ето защо Max Planck въвежда тъй наречената квантова хипотеза, съединява я със термодинамичните начала и разрешава всички изникнали противоречия. За да се разбере това ще си послужим със същите казани по-рано примери.

Във водните вълни раздробяването на енергията се свършва, защото атомите задържат енергията по известен начин, а именно всекой атом представя най-малкото определено количество, най-малкия квант на материята, който може да се движи изцяло, наедно. Също тъй във светлинното и калорично излъчване, макар че по своята природа да е нематериално, трябва и тук да има известни действащи процеси, които задържат енергията на излъчването в извънредно малки определени количества, кванти, и ги задържат толкова по-силно, колкото вълните са по-къси, т. е. трептенията по-бързи. Това може да се изрази и така: никой източник не може да даде излъчване, освен когато, енергията е стигнала известна стойност, или аналогично това може да се представи чрез един каучуков балон, във който постепенно се сгъстява въздуха; ще дойде момент, когато масата на сгъстения въздух ще стане едно определено количество, балона ще се спуква и ще изхвърли съдържимото си.

По такъв начин квантовата теория ни довежда до представлението, че във природата, освен непрекъснатите процеси, съществуват и експлозивни. Енергията не излиза постоянно във безкрайно малки елементи, но експлозивно във крайни, ако и много малки количества, – кванти; образно това може да се представи: енергията не тече, а капе. За да се образува и падне една капка, необходимо е да се натрупа определено количество течност, тъй също, за да се излъчи енергия, трябва да стигне до определени количества и тогава, тъй да се каже, да капне.

Събарянето на тия три принципа и създаването на три нови вместо тех, а именно: разпадането на атома, свързаността на времето и пространството и квантирането на енергията – даде възможност да се развият три нови теорни. Изникна атомната теория във най-новата си форма, релативната теория, която внесе големо сътресение във физическите понятия и закони и квантовата теория. Наистина тия теории не са окончателно установени, още самите те не са прояснени във всичките си пунктове, обаче днес са завладели значително терен и изглежда, че не далеч ще бъде деня, когато те тъй ще се вкоренят във физическото познание, че техните принципи ще бъдат възприемани, както другите принципи, подобно на аксиоми. При това всека една от тех далеч е излезла от своите първоначални граници и завладела цели области от физиката. Новата атомна теория не се ограничи само със разпадането на радиоактивните елементи: в 1919 г. Рутерфорд, чрез бомбардиране с лъчи, изхождащи от Рас отличаващи се със голема кинетична енергия, успе да разложи азота, хлора и др. елементи на водородни и хелиеви атоми и електрони. Чрез пресметане се намери, че ако имаме едно радиоактивно тело, чиито частици да имат три пъти по-голема кинетична енергия, ще може да се разбие и хелиева атом на водородни атоми. Като че ли стана едно връщане към старата Proust'ова хипотеза, която приемаше водорода като съставно тело на всички елементи.

Втората теория – релативната не се спре само във равномерните движения, тя се раз-

шири от нейния създател, Einstein и за всички движения. Дойде се до общата релативна теория, която успе да обясни някои факти и да предскаже отклонението на лъчите кога минават край небесните тела или, както казват, когато се намерват във гравитационни полета – нещо, което се потвърди във последното пълно слънчево затъмнение през 1919 г.

Най-сетне третата теория – квантовата, създадена от Plank за поглъщане и изпусчане лъчите от черното тело, се ограничи само в изпусчането – излъчването, но това даде възможност да се разшири и във други области на физическото знание: тя обясни скритите топлини при низките температури, Einstein я приложи при фотохимичните процеси, новооткрито явление на Stark – разлагане на спектралните лъчи в електричното поле, се обясни изключително чрез нея: изобщо малко са областите незасегнати от нея.

Подпомогната от тия нови теории, физиката се помъчи да разреши и най-тежкия въпрос, – въпроса за строежа на атома. От откриването на спектралния анализ никой не можеше да се съмнява, че проблемата на атома би могла да бъде разрешена, ако би могло да се разбира езика на спектрите. Огромният материал, който във продължение на 50 години, е натрупала спектроскопската практика, без съмнение във своето многообразие и огромност изглежда неразгадаем. Обаче преди 9 години се откри Рентгеноспектроскопичния анализ и проблемата за строежа на атома в основата си почна да се схваща и вътрешността на атома почна да се проявява: това даде възможност да се проникне във най-големите дълбини на веществото. Самото откритие на тоя метод е едно тържество за математичната физика. Von Laue успе, въз основа на теоретични съображения и пресметания, да дойде до дифракцията на Рентгеновите лъчи. На всички е известно, че когато светлината мине през много малките отвори, дифрактира, отклонява се от праволинейния си ход. При това тука може да се определи дължината на вълната. Съвършенна дифракция и най-доброто определение на дължината на вълната на видимите лъчи става със тъй наречените дифракционни ръшетки, състоящи се от голем брой бразди върху тънки плочи. Този брой може да стигне до 1700 на милиметър. Това беше достатъчно да разложи и ултравиолетовите лъчи. Обаче опитите и теоретичните съображения показаха, че дължината на вълната на Рентгеновите лъчи е 1000 пъти по-малка от тая на ултравиолетовите. За дифрактирането им и със това изучаването им е необходима една дифракционна решетка с около повече от 1,000,000 линии на сантиметър. А това съвременната техника не е във състояние да достигне. Ето защо Von Laue се обърна към една любима идея на минералозите и математиците (Bravais, Schönfliess и др.) да си представят кристала като една правилна сграда от неговите молекули и атоми. При това за някои кристали изчисленията дадоха за междините между атомите величини от порядък 10-8 см, т. е. тъкмо такава величина, която ще бъде нужна за една дифракционна решетка за Рентгеновите лъчи. Опитите на Friedrich и Knipping веднага потвърдиха теорията. Рентгеноспектроскопичния метод отиде много далеч: днес разполагаме със характерните Рентгенови спектри на почти всички елементи, и ако не можем да кажем всичко то поне може да кажем доста за вътрешния строеж на атома.

Още във 1903г. Lenard изказа възгледа за едно шуплесто строение на материята. Десет години по-късно Рутерфорд, въз основа на проникваемостта на лъчи през тънките метални листове, изказа мнението, че една значителна част от пространството, което се заема

видимо от материята, е свободно за преминаването на лъчи, които са хелиеви атоми със положителни електрични товари.

В 1913г. датчанина Niels Bohr, като свързва възгледите на Рутерфорда и тия на квантовата теория, създаде атомния модел. Според Боровата теория, атома се състои от едно ядро съставено от положителни електрични маси, около което обикалят електроните – отрицателните маси. Неутралния атом има толкова положителни маси, колкото и отрицателни – електрони. Положителните маси, съединени в ядрото, са във центра, а електроните отделно се движат по концентрични окръжности. За всекой атом броя на електрическите маси е равен на тъй нареченото поредно число (*Ordnungszahl*), което от своя страна е равно на приблизително половината на атомното тегло. Движението на електроните става въз основа на Кулонова закон, тъй както става движението на планетите около слънцето въз основа на Нютонова закон, който има същата форма. Освен това Sommerfeld намери, че ако, вместо по кръгове, електроните се движат по елипси, и ако се вземе пред вид и поправката от релативната теория, най-добре ще се групират и обяснят спектроскопичните резултати. И атомите, тия пращинки на материята, са подобни на астрономичните светове: всекой от себе си представя по една цела слънчева система. Тия системи не са лишени и от своите комети: когато лъчи за които казах, че се състоят от хелиеви атоми със положителни електрични товари минат близо до ядрото на атома, състоящ се от положителни пълнежи, въз основа на Кулонова закон се оттласква и изчезва от тая малка слънчева система по параболични и хиперболични пътища. Фотографията ни дава много такива комети. Най-сетне, за да имате представа за този малък свет, ще Ви направя едно просто сравнение: масата на водородния атом се отнася към масата на 1 см³ вода, както масата на 1 литър вода към масата на целата земя.

При движението си електроните във постоянните стабилните елипси, не излъчват енергия. Ако обаче получат при своето движение някакъв удар и със това им се увеличи енергията те веднага, във зависимост от това количество енергия, ще излезат в една повъншна елипса или, ако е доста много, електрона, ще отиде толкова далеч от ядрото, че атома ще загуби тоя електрон; във последния случай атома се йонизирва. Премахне ли се причината, която изкарала електрона от негова път, той веднага ще почне да пада към ядрото на електрона, за да дойде отново във стабилната си елипса. Във такъв случай потенциалната енергия ще премине във кинетична, която ще се предаде на окръжаващия етер, който ще почне да трепти. Във зависимост от количеството на квантите – енергия, което е пропорционално на числото на трептението на лъча, ще имаме определено трептение, ще получим една определена спектрална линия.

Така е за всички действия, които са резултат на химична, топлинна и светлинна енергия, само че химичните явления са резултат от особното положение на електроните във най-външния пръстен, електрическите възбуждения и високите температури се отразяват на някои от вътрешните елипси, а най-вътрешните се засегат от бомбардирането на катодните и радиоактивните лъчи, които, благодарение на шупливото строение на материята, успеват да стигнат не само до най-вътрешните части на атома и да предвижат един електрон от една елипса във друга и да предизвикат излъчване, но и да разбият ядрото на атома и да се доближим до идеала на алхимиците.

Разбира се, че атомния модел отговаря на всички опитни факти, когато се отнася до елементи със малко число електрони. Най-добре във това отношение стои въпроса със водородния атом, състоящ се от 1 ядро и 1 електрон. Математичната проблема е проста – това е астрономичната проблема за две тела. Не тъй обаче стои въпроса със повече електрони, – математичното решение, това е трудната и не напълно разрешена проблема за 3 и повече тела. Въпреки това обаче, атома на Хелия със 2 електрона, на Лития със 3 и Берилия със 4 е донекъде задоволително обяснен. Стигнем ли до Хрома със 24 електрона и при най-простата комбинация трябва да се допусне съществуването на 5 концентрични пръстена. Разбира се, за Урана с 92 електрона може да си представим сложността и произвола на атомната му конструкция.

Накрая не мога да не Ви извадя от очудването, – какво търсят физиците в отдавна завоюваната територия от химиците, – областта на атома? Това право получават физиците, независимо от това, че много физически процеси намират своя произход в атома, но и ония чувствителни методи, със които разполага физика във сравнение със химика. Един пример: до като химиците работят с аналитични методи, които имат точност до $1/100,000$ от милиграма и то върху комплекси от атоми, физиците, със своите методи, виждат, фотографират отделните атоми, а това прави едно отношение във точността 1: 10^{14} или едно към единица със четиринадесет нули.

Със тоя бегъл поглед, който хвърлих върху основите и сегашното положение на физичните теории, съвсем немах за цел да Ви запозная основно със тех. Това е само да се даде една идея за работата на ония, които са си избрали призванието физици и на които предстои във същност да се вдълбочат във тия въпроси.

Бележки

[1] Повече за проф. Г. Манев може да се прочете в статиите – „Професор Георги Манев – факти и противоречия” от Н. Балабанов (сп. Светът на физиката, бр. 3, 2000 г.) и „Професор Рашко Зайков и проф. Георги Манев – нов поглед върху конфликта между двамата учени” от М. Замфиров (ГСУ, Физически факултет, т. 101, 2008).

* Запазени са стилът и правописът на оригинала. – Бел. ред.

ПЪТЯТ КЪМ САМИТЕ НАС

Н. Данкова



Националната програма за обучение на учители по физика и астрономия в CERN е дейност по програмата „Квалификация“ на Министерския съвет. Тя се организира от Министерството на образованието, младежта и науката (МОНМ) съвместно с образователния отдел на CERN. По време на обучението участниците се включват в цикъл от лекции по

атомна и ядрена физика, космология, медицинска физика, физика на високите енергии, физика на елементарните частици, детектори, ускорители, компютинг, GRID мрежи. Организирант се посещения на детекторите ATLAS и CMS, Компютърен център, експериментален център ISOLDE, тестова установка на LHC магнитите, контролен център на LHC, ускорители PS и LEIR и изложбени центрове Microcosm и Globe. Представител на МОНМ във Втората учителска програма в CERN е г-жа Емилия Тошева. Координатор на проекта от българска страна е г-жа Снежина Димитрова – директор на Народната астрономическа обсерватория (НАО) „Николай Коперник“ – Варна.

Основните въпроси за всичко видимо и невидимо

Септемврийски ден. Наглед като всички останали! И все пак различен! Летим със самолет по линията София–Париж. После продължаваме за Швейцария – към Женева. Оттам – ЦЕРН...

Полетът премина вълнуващо. Картините на алпийските хребети се менят бързо. Върховете издигат чела над разлюляното море на облаците. Светлината си играе върху изваяните като кристали форми на планината и рисува причудливи картини. Най-високият връх в Алпите е Монблан – на границата между Франция и Италия. След него се нареждат Монте Роза (4034 м) и Матерхорн (4478 м) в Швейцария. Първият българин, стъпил на връх Матерхорн, е проф. Борис Маринов от с. Скандалото, Троянско. Малък е светът! Голям е подвигът на всеки човек, дал принос в опознаването му!

Полетът над Швейцария остава незабравим с гледката на Женевското езеро – най-голямото сладководно езеро в Западна Европа. То има форма на полумесец, дълго е 73 km, достига до 14 km широчина и 310 m дълбочина. Намира се на границата между Франция и Швейцария.

На територията на CERN ни посрещна Мик Стор – една от най-интересните личности, с които се запознахме по време на престоя в центъра. Той е физик от Великобритания и ръководи образователния отдел, който осъществява програми за обучение на учители по физика и астрономия от цял свят. Негови са думите: „Точно на 3 въпроса търсим отговор: Първо, откъде идваме? Второ, от какво сме направени? Трето, къде отиваме? Това са основните въпроси за всичко видимо и невидимо. Отговорите им може би ще обяснят смисъла на съществуването ни”.

В CERN (Centre europeen de recherche nucleaire) – Европейски център за ядрени изследвания, се намира LHC (Large Hadron Collider) – Големият адронен колайдер (ГАК). Това е най-големият ускорител на елементарни частици в света. Предназначен е за ускоряване на насрещни снопове високоенергитични протони и тежки йони. Целта на LHC е да ускори сноповете от частици близо до скоростта на светлината, а после да ги сблъска, пресъздавайки за кратко условия, близки то тези, съществували след Големия взрив.

ГАК е разположен в тунел с дължина на окръжността 27 km и на дълбочина от 50 до 175 метра под френско-швейцарската граница. Конструкцията му съдържа 1624 свръхпроводящи електромагнити, които работят при температура 1,9 K (-271,25 °C). В построяването и експлоатацията на Колайдера участват повече от 10 000 учени и инженери от 100 страни. Думата „колайдер” произлиза от английската дума „collide” (сблъсквам) и означава сблъскване на летящи в противоположни посоки частици. В четирите точки, където се сблъскват сноповете, са разположени детекторите – ALICE, ATLAS, CMS и LHCb.

Според Стандартния модел – СМ, при раждането на Вселената частиците са придобили маса под въздействието на полето на Higgs, съставено от Higgs boson – Higgs бозон. Частицата носи името на британския физик Peter Higgs, който пръв излага теорията за механизма на придобиване на маса от частиците след Големия взрив.

Големият адронен колайдер е уникален научен проект, който няма равен на себе си по мащаби и сложност. Изследванията в него са свързани и с търсенето на нови физични явления и закономерности извън рамките на СМ и по-точно в опознаването на природата и нейното единство – от микросвета до границите на Вселената.

По време на обучението се срещнахме с редица български учени, които работят в CERN: доц. Леандър Литов, ръководител на българския екип, проф. Владимир Генчев от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика – ИЯИЯЕ, Цанко Спасов от лабораторията по експериментална физика и частици, Даниела Кирилова – космолог, Димитър Балабански, Пламен Яйджиев, Зорница Захариева, Деян Йорданов и др. Слушахме техни лекции, заедно с тях посещавахме експериментални установки, посетителски и изложбени центрове и пр.

Вселената, която открих тук

Сутрин обичах да се разхождам по улиците на CERN. Всички те носят имената на видни учени в областта на физиката – Айнщайн, Бекерел, Нютон, Паули, Жолио-Кюри, Кавендиш, Херц и пр., плеяда от имена, свързани с историята на най-фундаменталната природна наука.

Алеята на екзотичните дървета грее в лъчите на утринното слънце. Намирам шишарка от кедрово дърво, малко камъче и птиче перо – знаци от сияйното утро в светлината на новия ден в CERN. Букети от червени рози красят пътеките край сградите – там, където обитава цветът на съвременната наука. Едно от любимите ми места за разходка бе френско-швейцарската граница. Само една бариера разделя двете държави. Свободно преминавах границата със съзнанието, че вече съм по-свободна, гражданин на света и на една нова Вселена, която открих тук ...

17 септември. Предстои ни да посетим детектора CMS. С автобус пътуваме към планината Юра, която е дала името на най-малкия кантон в Швейцария и на Юрския период от Мезозойската ера. Пътуването е приятно. В далечината, вдясно от пътя, се очертава все по-голяма част от веригата на Алпите. Отляво съзерцаваме Юра – неголям планински масив, разположен успоредно на френско-швейцарската граница, между долините на реките Рона и Рейн. Забележителна е със своя каньон под формата на кръг и пещерата Grottes De L'Orbe.

От самото начало на експеримента CMS през 1991 г. в него работят български специалисти. Участието им в подготовка на експеримента започва с моделиране на установката, нейната оптимизация и разработка на методи за възстановяване на енергията, отделена в калориметричната система на CMS.

Едно от най-силните ми преживявания в CERN бе слизането на дълбочина 95 m под земята при посещението на установката CMS (Compact Muon Solenoid) – компактен муонен соленоид. Той представлява цилиндрична конструкция, обхващаща тръбите на колайдера в едно от местата на състълкновение на сноповете частици. Дължината на установката е около 22 m, диаметърът му 15 m, масата му е 15 000 тона. Наред с детектора ATLAS, който се намира на противоположната страна на LHC, CMS представлява многоцелеви детектор. В неговите задачи влиза търсенето на бозона Higgs, изследването на суперсиметрията, както и проверка на ред екзотични теории – например съществуването на голям брой измерения на пространството и пр. По-голямата част от месинговите плочи за абсорбера на централната част на адронния калориметър (700 тона) и част от абсорбера за крайните му части (около 30 тона) са произведени в България. Това е само част от приносите на българските специалисти за напредъка на световната наука и технологии.

От асансьора по стълби слязохме на най-голямата дълбочина. Непосредствената близост на техниката, с която се реализира експериментът, ми даде възможност да оценя по достойнство делото на всички хора, участвали в неговото реализиране. Физика и високи технологии – това е накратко същността на CMS като съществена част от Големия адронен колайдер.

Много впечатляващ за мен бе експериментът „OPERA” (Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus). Той има за цел изучаване трансформацията на мюонните неутрино в тау неутрино. Резултатите от изследванията са базирани на измерванията в италианската лаборатория на Националния институт по ядрена физика (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, INFN). Учените от CERN насочват към лабораторията в Италия по трасе, което преминава под Алпите и има дължина 730 km, мюонният тип неутрино. Целта е да се проследи колко от изпратените частици ще пристигнат в лабораторията Gran Sasso, превърнати в тау неутрино. Изследванията продължават. С интерес се очакват и резултатите на два други експеримента в Gran Sasso – BOREXINO и ICARUS.

Учените в OPERA работят заедно с експерти по метрология от CERN. Те извършват серия от високопрецизни измервания на разстоянието между източника и детектора и времето на пътуване на неутриното. Разстоянието между източника на снопа от неутрино и експеримента OPERA е измерено с точност до 20 cm по трасето. Времето на пътуване на неутриното е установено с точност до 10 ns (наносекунди) чрез използването на GPS системи и атомни часовници.

Наскоро трима от водещите учени от CERN получиха премията Едисон–Волта от Европейското физично общество EPS. Това са генералният директор, директорът на изследванията и директорът по технологиите и ускорителите. Тази награда е присъдена за откриването на кандидат за ролята на Higgs бозона през юли 2012 г.

Два дни преди връчването на премията, на 12 ноември 2012 г., в CERN е обявено още едно откритие – разпад на странния В мезон, който се наблюдава изключително рядко – 3 пъти на милиард събития. Този вид разпад е доказателство за съществуването на нова физика – извън пределите на СМ.

„След мрака – светлина”

Женева е разположена в Южна Швейцария, на границата с Франция. Най-голямата природна забележителност на града е езерото Леман – Женевско езеро. Пред него са се прекланяли Жан Жак Русо, лорд Байрон, Шели и др. писатели, възпели в своите творби възхитителната му красота. Централно място в културната ни програма заемаше посещението на Двореца на нациите. През 1946 г. след създаването на Организацията на обединените нации (ООН) построенният вече дворец става главен център в Европа на дейността на Обединените нации и символ на международната роля на Женева. Това е един изключително активен дипломатически център, в който се провеждат повече от 5000 срещи и преговори годишно. Паркът на Двореца на нациите заема 25 хектара площ. В него се намира т. нар. планетарно кълбо. На него е представен Космосът. Дървените обръчи символизират основните земни и небесни координати и орбитите на планетите. Планетарното кълбо е символ на надеждата на световната човешка общност за мирен свят, ръководен от международното право, изработено от ООН.

Впечатли ме огромната статуя със счупения крак пред Двореца на нациите, която напомня, че по Земята има още минни полета, заложили срещу човечеството. Столът

е запазен в чест на принцеса Даяна, която е била начело на организацията, бореща се срещу противопехотните мини от войните.

Друга забележителност, която посетихме в Женева, беше цветният часовник. Казват, че всяка година за оформяне на часовника се засяват 4500 цветя. Той е създаден през 1955 г. и напомня, че Женева е родното място на известните швейцарски часовници. Неговата поддръжка се финансира от Съюза на швейцарските производители на часовници.

В рамките на нашата културна програма посетихме и средновековната катедрала „Свети Петър“, която се намира в най-високата част на стария град. Някога катедралата е била ръководен център на Реформацията. Девизът на град Женева гласи: „Post tenebras lux“ („След мрака – светлина“). И в наши дни той звучи актуално. Катедралата „Св. Петър“, най-старата катедрала в Женева, е строена през XII в. Пръв проповедник реформатор в нея е епископ Гийом Фарел (Guillaume Farel, 1489–1565).

Дните преминаха неусетно. Програмата бе богата и разнообразна. Преживяванията – незабравими! Невъзможно е да се разкаже всичко, а и не е необходимо. Други ще продължат този разказ – нашите ученици! Убедена съм в това! Те ще дойдат в ЦЕРН и ще се включат в научните екипи, за да положат основите на Новата физика – науката на бъдещето. На добър час!

Пътуването до CERN бе свързано с много предизвикателства. Най-голямото от всички бе да си отговорим на няколко въпроса:

Каква е ролята на човека в този свят – едновременно гигантски като Вселената, която обитаваме, и в същото време – микроскопичен като частиците, които го изграждат.

Кои сме ние? Частици и вселени едновременно?

Кой е нашият път? Пътят към Голямата наука и към самите нас...

Броеве на Списание СВЕТОТ НА ФИЗИКАТА можете да си поръчате и на електронния магазин на сайта на списанието:

<http://wop.cointech.net/bg/archive.php>

ЛОРЪНС М. КРАУС – „ВСЕЛЕНА ОТ НИЩОТО”

За автора: Лорънс М. Краус е почетен преподавател в Школата за земни и космически изследвания и във Факултета по физика в Аризонския университет, основател и ръководител на проекта „Произход” и единственият физик, отличен и от трите основни физични общности в САЩ – Американското физично общество, Американската асоциация на преподавателите по физика и Американският физичен институт. Той е и един от малцината изтъкнати учени днес, които активно прекосяват пропастта между научната и популярната култура. Освен книгите и масмедийните си изяви е номиниран за награда „Грами” за бележките си към диск с музиката за „Стар трек”. Съветник е по въпросите на научната политика по време на предизборната кампания на президента Обама.

Сюжет: Съвременните наблюдателни данни показват, че Вселената има практически нулева кривина. По съображения за симетрия Лорънс Краус се застъпва категорично за космологичния модел на *плоска разширяваща се Вселена с нулева обща енергия*. Но за да се защити такъв модел, се оказва, че са налични само 30 % от необходимата физическа маса, а преобладаващата част от нея е под формата на структурно неизучената „тъмна материя”. Космологията търси отговора на загадката за отсъстващите 70% в т.нар. „тъмна енергия”, която не е нищо друго освен пространството на макро– и микрокосмоса.

На този фон се разкрива един не особено приятен за антропоцентризма космологичен сценарий – Вселена, изградена от почти нищо, която неотклонно се разширява до степен на пълен каузален разрыв на отделните галактики с перспективата за една самотна, макар и доминираща, метагалактика и сравнена с настоящата, невежествена физическа наука за нея. В ретроспекция, самата тази Вселена е произлязла като флуктуация на квантовия вакуум в една отново обитавана от нищото космологична сингулярност.

Акценти:

Вселената произлиза от Големия взрив: живо, на места с пикантни подробности, е пресъздадена появата на теорията за Големия взрив и специално конфузната ситуация, в която основоположникът – абат Льомер – поставя папа Пий XII.



Вселената се разширява: показана е историята на откритието на Хъбъл, преплетено с житейския му път на бивш адвокат, предпочел астрономията. Краус, по скромната ми преценка, дава най-ясното и достъпно изложение, как от „червеното отместване” на оптичния спектър на галактиките следва, че те се раздалечават със скорост, правопропорционална на разстоянието им до точката на наблюдателя.

Вселената може да бъде претеглена: изтъкната е пионерската роля на Вера Рубин при изследването на скоростта на въртене на нашата галактика, при което тя за пръв път емпирично установява, че масата ѝ следва да е значително по-голяма от наблюдаваната. Нейното начинание се увенчава от Тони Тайсън, чийто екип категорично установява, че разпределението на масата във Вселената е съсредоточено преимуществено извън звездната материя – „тъмната материя” е космологичен факт.

Вселената е плоска: нейната геометрия е практически неразличима от Евклидовата. Пътят към това заключение е славен и трънлив. Краус ни превежда по пътеката на Гаус и Лобачевски; особено място има Айнщайновата идея за „гравитационните оптични лещи”, блестящо развита от Фриц Цвики. Следва временно разочарование – измерванията на Тайсън сочат 70% дефицит на маса за верификацията на модела „плоска вселена”. Експериментът „Бумеранг”, проведен с астрономически балон на Антарктика, слага край на колебанията – измереният зрителен ъгъл, определен от линия с широчина триста хиляди светлинни години, разположена на разстоянието, където се намира повърхността на последно разсейване, показва, че светлинните лъчи се движат по права линия – Вселената е плоска.

Това не е точка на развързката, а началото на най-заплетена сюжетна интрига. Как е възможно плоската Вселена да е при това разширяваща се? Откъде да се намери енергията за това разширение и в частност как да се попълни 70% енергиен дефицит, което би компенсирало иначе неминуемия гравитационен колапс на Вселената? Авторът е категоричен – „от нищото, или по-точно от Нищото”. Той се позовава на гениалната идея на Алън Гът, според когото зашеметяващото пространствено разширение на Вселената се дължи на фазов енергиен преход в микроскопичната квантова флукуация, от която тя произлиза. Със свойствения си хумор Краус сравнява ситуацията с това, което може да се случи с изваждането от хладилника на свръхохладена бутилка бира – възможно е течността спонтанно да замръзне, а бутилката да се пръсне. Състоянието с най-ниска енергия в една фаза може да е с по-ниска енергия от състоянието с най-ниска енергия в другата фаза. А освободената енергия се нарича „латентна топлина”. Така Алън Гът и Лорънс Краус ни канят на най-грандиозния „безплатен обяд” във Вселената – флукуацията на метастабилния квантов вакуум. Така Вселената претърпява гигантска експанзия (разширение, инфлация), без при това да е необходим нетен външен приток на енергия.

Това е твърде ограничена и субективна селекция от акценти от космологичната сага на Краус¹.

Краус е сериозен и еднозначен в терминологията си. Той подчертава: нищото не е метафора, а адекватно описание на състоянието, свързано с произхода, настоящето и

неминуемото бъдеще на Вселената; нищото не е една от величините на съвременната физика и все пак на неговата реалност дължим обосноваването на най-рационалния и емпирично подплатен космологичен модел. Ако по времето на Аристотел рационалното решение е било: нищо не може да произлезе от нищото, днес рационалният отговор е противоположният.

Тук *нищо* и *нещо* не се формулират нито в контекста на отвлечени екзистенциално-философски или теологични спекулации, нито пък на базата на всекидневната интуиция за празно пространство и дори за неговото отсъствие. Всъщност Краус търси и предлага други, по-задълбочени понятия за *нещо* и за *нищо*, релевантни с контекста на съвременната космология, т.е. с оглед на изискванията Вселената: да има начало; да има плоска (Евклидова) геометрия; да има нулева пълна енергия.

Докато обичайно днешната наука деликатно или директно отказва да се ангажира с каквито и да било светогледни импликации, подходът на Краус е диаметрално противоположен. Той заема ясно очертана и радикална позиция; неговата цел съвсем не е да замаже и тушира разделителните линии в съвременната наука и култура. Последователно застава на територията на разума, науката и атеизма; при това на най-горещите фронтови линии – там, където комплексността е от най-висш порядък, а фактите и доказателствата са най-оскъдни – генезисът на вселената, на живота, на разума, както и тяхното бъдеще. Такова име носи и изследователският център в университета на Аризона, на който Л. Краус е основател и ръководител – проект „Произход“.

Поне три са темите, които определено ще заинтригуват и удовлетворяват и най-взискателния читател на не толкова „популярни“, колкото ясни изложения на челния фронт на съвременната физика:

Проблемът за комплексността – стремежът физиката на третото хилядолетие да премине вече към по-различни хоризонти на сложност и дълбочина в познанието ни за материята. Колкото и комплексна да е физиката на XX в., днес пред нея „нищото“ се изправя с цялата си предизвикателност и дори злободневност. Колкото и иронично понякога да се обсъжда подобна възможност – адронният колайдър в ЦЕРН поставят въпроса за пораждаването *in vitro* именно на подобни сингулярности; новите градивни модули на мирозданието са колкото изначални, толкова и неподатливи, а и опасни за непосветените във възможностите, истините и ценностите на научния разум. От друга страна, физиката застава с лице към Сътворението. Затова тя трябва да разполага не само с апаратура, съизмерима, макар и на локално ниво, по мощ с тази на космологичната еволюция, но още повече – с ясна рационална стратегия, с атрактивна, прагматична и отговорна социална позиция и културна перспектива.

Другата тема е за *космологичния дарвинизъм* (застъпването от Краус решение) в дебата с привържениците на креационизма и „интелигентния замисъл“. Не може, според автора, да се подхожда телеологично и теологично към произхода. Ние, шеговито отбелязва Краус, живеем в най-лошия от всички възможни светове, в който нещата ще отиват все по-на зло и това ще е необратимо. Това най-малко има нещо общо с песимизма, а с презумпцията за един комплексен свят, който трябва да намери

своето рационално, каузално обяснение. Тук космологичният дарвинизъм, а не висшият творец има думата; ние сме плод на щастлива случайност; такива събития са практически невероятни, но цялата история на Вселената е изтъкана единствено от такива невероятни събития, защото другите просто не са достатъчно устойчиви, за да се впишат в траекторията на нейната еволюция.

Краус не се страхува от *дебата с религията*, а предизвикателно го търси. Той действа като мисионер на свободния разум и науката и това не е метафора, стига читателят да си направи труда и удоволствието да се запознае с неговите публични лекции и дебатите с водещи фигури на католицизма. Обстановката става нажежена като на боксов ринг. Предизвикателствата на комплексността пред съвременната физика, пред съвременната наука и рационалност идват не само от „зоната на здрача“ на космологията, от „тъмната космологична материя и енергия“. Те са социални, свързани със социалната рецепция на науката; те са идеологически, свързани с опита за религиозна контрареформация в зоната на произхода и неговия „дизайн“, но те са и до огромна степен свързани с пораженията, нанесени от съвременната масова култура, особено пък върху най-младите. Днес, с горчивина отбелязва видният биолог, приятел и съмишленик на Краус Ричард Докинс (автор на послеслова към книгата), „младите предпочитат да изучават политика на медиите вместо физика“.

Комплексна реалност, идеология, култура – като че ли, подобно на разширяващата се Вселена, необратимо се разбягват хоризонтите на съвременната наука физика – а тя сякаш е осъдена да понесе всичко това: самотна, неосведомена, но доминираща. Колкото по-убедително аргументира тази теза в книгата си Краус, толкова по-мощно и оптимистично е неговото лично опровержение – защото рядко на книжния пазар може да се срещнат по-блестящ синтез и хармония на научен анализ, ерудиция и визия с перспектива и към техните социокултурни измерения.

В заключение бих споделил най-високата си оценка за качествата на българското издание: преводът, научната редакция, полиграфичното оформление на монографията и, разбира се, желанието издателство „Изток–Запад“ да ни радва с все така стойностни и актуални научни публикации.

Асен Димитров

¹ Моля читателят да ме извини. Непрофесионален отзив като този е изкуството да се пише увлекателно по теми, с които авторът не е на „ти“. Това, което разбрах от четивото на Краус, е превъзходно, „убеден съм, че много по-добро е това, което не разбрах“.

Послепис от водещия броя

В книжка трета от миналата година на „Светът на физиката“, с. 378, писахме за излязлата през януари 2012 г. книга на Лоурънс Краус „Вселена от нищото“ и най-вече за последвалите дискусии в американската преса. Сега имаме удоволствието да ви съобщим, че благодарение на издателство „Изток-Запад“ книгата е публикувана на български език с редактор-консултант проф. М. Бушев. По-долу представяме на вниманието на читателите един твърде необичаен поглед върху книгата, написан от доц. А. Димитров. Толкова необичаен, че един професионален физик трудно разпознава в него книгата. За да я представим накратко, трябва да кажем, че Краус има два главни акцента. Първият: да запознае читателя с удивителния напредък, постигнат от наблюдателната космология в последните десетилетия. Вторият: усилията ни (част от които все още спекулативни) да разберем защо живеем във Вселената с пълна енергия и средна кривина нула. Към този изключително специален вид от зилионите възможни вселени ни тласкат практически всички, разнообразни по характер, наблюдателни данни. Краус е положил наистина забележителни усилия да напише книгата си просто и разбираемо за широк кръг читатели. Ако съдим по рецензията на доц. Димитров обаче, тези усилия се оказват провал. Но би било грешка да прибързаваме с негативните заключения – основната група читатели, към които Л. Краус се обръща, са любознателните ученици и студенти в началните курсове. Редакцията ще направи всичко възможно да покани рецензент именно от тази целева група за съвременна физика и астрофизика. А дотогава убедено препоръчваме книгата на Краус на всички любопитни да научат от първа ръка как е възникнала, еволюирала и каква ще е ултимативната съдба на Вселената, в която живеем. Според съвременното ни разбиране и ниво на развитие на науката.

ФИЛОСОФИЯТА И ЗАГАДКИТЕ НА ФИЗИКАТА В ДИАЛОЗИ

*„Движението в науката напред е
въръщане назад към основите”*

Хегел

*(За новата книга на философа на науката проф. Ангел Стефанов
„За вселенските загадки и други размишления в диалози”,
изд-во „Парадигма”, С., 2012 г.)*

Авторът на тази неголяма по обем книга, състояща се от 7 диалога, е добре познат във философските среди с многобройните си публикации по философия на науката. Проф. Ангел Стефанов е ръководител на секцията по философия на науката в Института по философия към БАН и от много време чете лекции по тази тематика в редица наши университети. Познат е и на читателите на сп. „Светът на физиката” (негови статии с показателните заглавия „Размишления върху идеята за много светове”, „Разбираем ли е квантовият свят?”, „12 умотоупрочителни идеи от пограничните селения на науката” и др.).

Трябва веднага да изтъкна, че обсъжданата книга е колкото философска, толкова и **популяризаторска**. Философите имат това предимство пред учените, че и да искат не могат да бъдат тесни специалисти. Това го налага самият характер на тяхната проблематика. От друга страна учените много трудно се задържат на върховете на енциклопедизма: все повече се стесняват областите на тяхната компетентност и под натиска на социоекономическите фактори учените все по-устойчиво преминават (по думите на Леви-Льоблон, „С.Ф.” 2/13) от армията на „знаещите” в лоното на „технонауката”, чиято „практическа стойност става все по-важна от интелектуалното ѝ измерение”. Книгата на А.Стефанов провокира размисли от подобно естество, макар че на преден план в нея са изведени главно проблемите на квантовата физика и астрофизиката.

Веднага трябва да посоча, че авторът си поставя като основна задача да формулира определящата проблематика в тези области и предлага обективна съпоставка между различните опити за тяхното решаване. Това е постигнато посредством много умелото прилагане на литературната форма на **диалога**. От времето на Сократ (5 в.пр.н.е.) диалогът е основен метод за постигане на истината. Платон, Аристотел, Галилей предлагат прекрасни образци на този жанр. В наше време известният френски математик Ален Кон продължи тази традиция с диалозите на П.Шанжо и А.Кон „Мислещата материя” („Херон”, 2000), на А.Кон, А.Лишнерович и М.Шюценберже „Триъгълник на мисли” („С.Ф.” 1-4, 2001).

Диалозите в книгата на А.Стефанов са между различни събеседници, но в тях

винаги присъства авторът. В първите два диалога („Квантовата механика е магия” и „За логическите парадокси”) въображаем събеседник на автора е покойният бележит философ на науката проф. Сава Петров (1934-1989), чиито фундаментални изследвания върху тези две теми предоставят богата основа за диалог.

Главният въпрос, който авторът формулира в първия диалог, е: как да се справим с необходимостта теоретически да се представи един неklasически обект? Или с други думи, както казва Р.Файнман, съществува ли фотонът, преди да е излъчен от атома? На критичен анализ са подложени теориите на скритите параметри, теоремата на Бел и опитите на Аспе. И двамата събеседници споделят очакването, че „зад вероятностните описания на квантовата механика се крие съществено нова динамична микрореалност” (с. 22) и че „тя няма да остане вечно нещо в себе си” (по статията на С.Петров „Паралели между Бор и Кант”).

Вторият въображаем диалог със Сава Петров е върху логическите парадокси, обстойно изследвани в книга на С.Петров със същото заглавие. На анализ са подложени конкретно парадоксите на вълново-корпускуларния дуализъм. Позоваването на различни логически системи довежда събеседниците до извода, че сме изправени не пред обикновени противоречия-грешки, а пред „логически противоречия, които отразяват вътрешно обективни диалектически противоречия” (с. 33).

С третия диалог „Институтският Хипий” авторът показва тънък усет за тематична композиция, като между двете групи диалози върху философия на физиката разполага една забавна пародия на Платоновия диалог „По-големият Хипий”. В диалога между Сократ и софиста Хипий Платон ни представя образа на самонадеян, самовлюбен и безпардонен типаж с широки, но плитки знания, който преподава на много ученици и не крие, че прави това срещу солидно заплащане. Сократ добродушно го иронизира за неговата безпомощност по темата на техния диалог „Що е прекрасно”. (Струва ми се, че и Платон намигва шеговито към своя герой със самото заглавие на диалога, защото съчетанието „голям” с „хипо” – „малък”, т.е. „големият дребосък”, е очевиден оксиморон.) А институтският Хипий е добре познатият образ на меркантилния институтски конформист, на когото „ще му е добре в който и да е друг институт” (с. 50).

Диалогът за т.нар. „Интелигентен проект” (intelligent design) между автора и привърженика на този проект е реакция на автора спрямо зачестилите в последно време (особено в САЩ) атаки срещу Дарвиновата еволюционна теория и стремежа тя да бъде заменена с действията на някаква космическа свръхсила. Авторът е изненадан от пасивното отношение на много от българските философи към този въпрос. При това даже след като известният учен Крейг Вентър (посетил и България преди няколко години) успя да създаде със своя екип синтетични бактерии, т.е. форми на живот, в лабораторни условия.

Последните два диалога, посветени на вселенските загадки, се водят между философ (автора) и „любознателен читател” – фигурата на безкритичен и неособено образован любител на научни сензации. Тук темите за крайност и безкрайност на вселената, за нейния произход и еволюция, за бозона на Хигс, за Големия взрив и т.н.

се преплитат с настойчивите опити на любознателния събеседник да разисква „единната теория на Рангел Колесин” (с. 90; не знам за какво става дума и признавам тази сериозна празнота в образованието си!), в която се отхвърля Айнщайновата обща теория на относителността и теорията на Големия взрив. След като не успява с тази теория, любознателният читател се насочва към идеите за мембранни мултивселени, струнната теория и дори за „теория на всичко”. Тук авторът охлажда ентузиазма на своя любознателен събеседник, като кратко му преразказва книгата на Питър Войт „Не е даже погрешна” – критичен и обективен анализ на модата в струнната теория. Неговият събеседник вероятно би си спестил някои заблуди, ако беше проследил рубриката „Четиво с продължение” в „Светът на физиката” за 2010 г., където са поместени избрани откъси от книгата на Войт.

Впрочем, щом като философите така често и задълбочено посягат към публикации на физиците, не е ли време и физиците да обърнат малко повече внимание на философските анализи? Има какво да научат. Това го доказва новата книга на проф. А. Стефанов.

А и трябва (както апелира и Лъоблон) да помислим за „връщането на науката обратно в културата”.

М. Бушев

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

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

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

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

София

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

Варна

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

ПРИНОСЪТ НА ДОЦЕНТ КОНСТАНТИН СТАМЕНОВ ЗА ВЪЗХОДА НА КВАНТОВАТА ЕЛЕКТРОНИКА И ЛАЗЕРНАТА ТЕХНИКА У НАС

(По случай 10 години от смъртта му)

Г. М. Георгиев, К. Коленцов, В. Салтиел

Доцент Константин Владимиров Стаменов е най-безспорният организатор на обучението и изследванията по квантова електроника и лазерна техника у нас. Роден е на 4 май 1925 г. в гр. Враца. След завършване на средното си образование следва специалността физика във Физико-математическия факултет на Софийския университет "Св. Климент Охридски", която завършва през 1951 г. Веднага е назначен за асистент в Катедрата по техническа физика, основана и ръководена от проф. Емил Джаков. В нея Стаменов работи последователно като асистент до 1957 г., като старши асистент до 1963 г. и като главен асистент до 1966 г., когато е избран за доцент след специализацията си по квантова електроника в Московския държавен университет "М. В. Ломоносов" през 1964-1965 г.

Тази специализация му отваря широко очите за голямото бъдеще на лазерите за науката и техниката. Доц. Стаменов решава да се опита да организира във Физическия факултет обучението по квантова електроника и приложенията ѝ. Благодарение на големия си ентузиазъм, целеустременост и неизтощима упоритост той постигна целта си. Под неговото ръководство се формира цяла плеяда отлично подготвени специалисти в областта на квантовата електроника и лазерната техника. Студентите по тази специалност получиха образованието си в катедра Радиофизика и електроника, ръководена от доц. Стаменов от 1974 до 1976 г. и в катедра Квантова електроника, създадена от него през 1978 г. и ръководена от него до пенсионирането му в 1985 г.

За разработване на приложни задачи по лазерна техника през 1980 г. доц. Стаменов създаде Проблемната научно-изследователска лаборатория (ПНИЛ) по лазерна техника, преименувана през 1985 г. в Институт по лазерна техника. Посочените две звена продължават да са прекрасни школи за създаване и израстване на специалисти по лазери и приложенията им в науката и техниката. В тях израснаха висококвалифицирани учени, признати и в чужбина, между които 2-ма член-кореспонденти, 6 професори и 7 доценти. Много от завършилите специалността студенти работят в различни звена на БАН, както и в най-реномираните световни лаборатории и фирми в чужбина.

Най-отличителната черта на доц. Стаменов бе неговата организаторска способност. Умееше ясно да формулира целта и да набележи начините за постигането ѝ. Трябва да се изтъкнат и изключителните организационни заслуги на доц. Стаменов като заместник декан на Физически факултет в началото на 80-те години на миналия

век за построяването на сградата на двата ПНИЛ-а (по полупроводникова техника и по лазерна техника), както и на новата сграда на Физически факултет (корпус А).

Доц. Стаменова беше много взискателен към сътрудниците си, но и много грижовен. Той остана в съзнанието на възпитаниците си като безкрайно скромнен човек. Анекдотичен е случаят с удостояването му със званието ”Заслужил деятел на науката”. Реакцията му беше нетипична за българин. Вместо да се радва, той заяви на най-близките си сътрудници, че няма да отиде да му връчат дипломата за ”Заслужил деятел на науката”, защото счита, че по-скоро би трябвало да му връчат диплом за ”Заслужил деятел в борбата против бюрокрацията”. Затова си уреди заминаване за Москва по договори за научно сътрудничество за времето, когато връчваха дипломите на ”заслужилите деятели”. За високите критерии, които бе въвел за научното израстване, както към сътрудниците си, така и към себе си, можем да съдим по следния факт. Въпреки че Стаменов бе автор и съавтор на огромен брой публикации в наши и чужди научни специализирани списания, както и наличието на достатъчен брой цитирания на публикациите му, той не се съгласи да защити дисертация за „доктор на физическите науки”, защото смяташе, че неговото участие няма достатъчна научна тежест. Доц. Стаменов е носител на ”Почетен знак на Софийския университет със синя лента” по случай неговата 75-та годишнина и във връзка със 110-та годишнина на Софийския университет. Той е почетен член на Съюза на физиците в България. С решение на Факултетния съвет на Физически факултет на Софийския университет от 28 януари 2003 г. аудитория N428 в сграда-Б носи името ”ДОЦЕНТ КОНСТАНТИН СТАМЕНОВ.”

От написаното дотук ясно личи, че доц. Стаменов е един от родоначалниците на квантовата електроника и лазерната физика у нас.

...Константин Стаменов се ползваше с огромно уважение сред членовете на физическата колегия у нас и в чужбина и с признанието им за неговите безспорни приноси за възхода на квантовата електроника и лазерната техника у нас. Във връзка с неговата кончина в катедрата по квантова електроника бяха получени десетки съболезнователни телеграми от много страни. На погребението имаше толкова много хора, че организаторката на ритуалната зала в централните гробища сподели с някои от сътрудниците му, че дори на погребенията на много известни и уважавани българи не е имало толкова много ”изпращачи”.

За значимата научноизследователска, приложна, изобретателска, преподавателска и научно организационна дейност за доц. Стаменов може да се приведе мисълта на немския физик, откривател и първи Нобелов лауреат по физика **Вилхелм Конрад Рънтген**: *”Никакъв израз на признание не може да се сравнява с вътрешната удовлетвореност от успешното решение на даден проблем”*, както и тези на видния физик и Нобелов лауреат **Алберт Айнщайн**: *”Човек се формира в труд и дейност”* и на английския писател-моралист **Самюел Смайлс**: *”Животът на човека се измерва с това, което е направил и изживял в него”*.

На 20 март 2013 година на 69 години внезапно почина видният български учен и наш дългогодишен колега и близък приятел

ПРОФ. ДФН НИКОЛА КИРОВ НИКОЛОВ

Един от създателите на спектроскопията на течните кристали в България, дългогодишен директор на Института по физика на твърдото тяло, ръководител на лаборатория „Оптика и спектроскопия“, водещ специалист по спектроскопия на частично подредената кондензирана материя, наш колега и приятел. Високата научна квалификация на проф. Киров, личното му обаяние и комуникативност създадоха условия да се развие и разшири научното сътрудничество на ИФТТ с редица държави от Европа и целия свят, което и до днес помага на младите ни колеги да провеждат успешно научноизследователска дейност. Проф. Киров е носител на редица награди: медал „Марин Дринов“ на БАН, знак за отличие на БАН, награда на БАН „Акад. Н. Обрешков“, златен медал на Вроцлавския университет, той е почетен член на ИФТТ и носител на почетен знак на лентата „Акад. Георги Наджаков“ на ИФТТ, почетен председател на Международната школа по кондензирана материя. Той ще остане в паметта ни със своя талант, работоспособност и колегиалност.

Почти целия си трудов живот Николай Киров прекара в сектор „Оптика и спектроскопия“ на Института по физика на твърдото тяло към БАН. Дългогодишен ръководител и емблематична фигура на сектора, член на Научния съвет на института и на Специализирания съвет по физика на кондензирана материя към ВАК и дългогодишен Директор на Института по време на най-трудните години на прехода.

Той остави едно огромно по обем и с високо качество научно творчество, което е запазено за научната общност в неговите многобройни публикации, монографии, доклади и рецензии. Те продължават широко да се цитират и да се използват от учениците от целия свят.

Поклон пред светлата му памет!

От колегите в ИФТТ – БАН

След тежко боледуване почина нашата колежка

Д-Р НАДЯ КОПАРАНОВА

Тя е първата физичка, на която е присъдена научната степен „кандидат на физическите науки” в България. Завършила с отличие Физическия факултет на СУ, след двегодишно задължително учителстване в Девическата гимназия във Варна Н.Копаранова след полагане на голям брой изпити става редовна аспирантка в МЕИ, където защитава дисертация и започва самостоятелна научна дейност. По това време започват контактите ѝ с акад. Милко Борисов, чл.-кор. Стефан Кънев и сътрудниците им. Съвместно с тях работи върху фоточувствителността и фотохимичните реакции в кадмиев сулфид, върху методика за определяне вида на контактите към монокристали и др. Дълги години тя провежда изследвания на уискери от CdS съвместно със специалисти по структурни методи. Показва задълбочени познания и голяма критичност към изследванията в нейната област.

Копаранова вникваше дълбоко в същността на физическия проблем и в методите на изследването му. Проявяваше интерес към глобалните проблеми на физиката и караше колегите да мислят по тях.

Поклон пред светлата ѝ памет!

СЕДЕМНАДЕСЕТА МЕЖДУНАРОДНА ШКОЛА ПО КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНИКА „ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ПРИЛОЖЕНИЯ“ НЕСЕБЪР, 24–28 СЕПТЕМВРИ 2012 Г.

През септември 2012 г. за седемнадесети пореден път Институтът по електроника при БАН организира Международната школа по квантова електроника „Лазерна физика и приложения“ (ISQE 2012). В тазгодишния форум участваха почти 100 учени от Австрия, Англия, Армения, Беларус, Белгия, Германия, Гърция, Испания, Италия, Полша, Румъния, Русия, Турция, Франция, Швеция и България, които се запознаха с най-новите постижения в областта на взаимодействието на лазерното лъчение с веществото, лазерна спектроскопия и метрология, лазерно дистанционно сондиране на атмосферата и екология, приложение на лазерите в биологията и медицината, лазерни системи и нелинейна оптика. По време на петте дни на школата бяха изнесени 18 показани доклада на световноизвестни учени и представени над 80 постерни презентации.

Повече от 30 години школата по квантова електроника дава възможност на младите учени и докторанти да представят резултатите от своите изследвания в областта на лазерната физика и да ги обсъдят с изтъкнати специалисти от цял свят. Освен утвърден център за обучение на млади учени в течение на годините школата прераства в място за провеждане на работни срещи по текущи международни програми и проекти, както и за създаване на нови научни контакти. Резултат на установените връзки са много международни сътрудничества, договори и специализации в утвърдени научни центрове.

Седемнадесетата школа по квантова електроника беше организирана от млади хора, които работиха с желание и ентузиазъм за продължаване на научната традиция за предоставяне на форум за споделяне на идеи, обмен на познания и опит, както и за ползотворни дискусии между участниците. Председател на организационния комитет беше д-р Албена Даскалова. Провеждането на форума бе подкрепено финансово



Председателят на организационния комитет д-р Албена Даскалова открива Седемнадесетата международна школа по квантова електроника

от Оптичното дружество на Америка (OSA), Международното дружество по оптика и фотоника (SPIE), Европейското физическо дружество (EPS), Българската академия на науките, Фонд „Научни изследвания“, Националният технически университет в Атина, Българската секция на IEEE, VIVACOM-фонд, Европейската служба за космически изследвания и развитие (EOARD), SIEMENS – България и фирма American Elements. По време на школата беше организирана и съпътстваща изложба на научна апаратура от водещи компании в областта на лазерната физика като Coherent Inc., Toptica Photonics AG, ASTEL Ltd. и Andor Technology.

След рецензиране поканените лекции и избрани постерни доклади, представени на школата, ще бъдат публикувани в отделен том от поредицата на авторитетното издание Proceedings of SPIE (САЩ).

Неразделна част от школата по квантова електроника е станалото вече традици-



Директорът на Института по електроника доц. д-р Санка Гатева приветства участниците



Участниците в школата наблюдават с интерес демонстрацията на проф. Wöste от Германия по създаване на азотен лазер, който след това се използва за напompване на пренастройваем багрилен лазер

онно състезание за най-добра постерна презентация на млад учен. Международно жури оцени докладите, като връчи на осемте най-добре представили се докторанти награди на OSA, EPS и SPIE. В последния ден на школата на специална сесия отличените изнесоха устни доклади по своите научни резултати.

На най-впечатляващо изявилия се докторант Петер Хан-

зингер от Института по оптика и квантова електроника на Университета „Фридрих Шилер“ (Йена, Германия) бе връчена Първа награда на OSA за представените от него резултати в областта на сингулярната нелинейна оптика. По-конкретно, демонстриран бе за първи път процес на каскадно четиривърлново смесване с оптични вихрови снопове във фемтосекунден режим, позволяващ генериране на лъчение с желана дължина на вълната и желан топологичен заряд.

Анелия Дакова от Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ (задочен докторант в ИЕ-БАН) спечели Първа награда на EPS с изнесения от нея доклад, посветен на нелинейното разпространение на фемтосекундни оптични импулси в едномодови влакна. Разработеният теоретичен модел се основава на скаларно нелинейно амплитудно уравнение, което се различава значително от известното нелинейно уравнение на Шрьодингер и описва еволюцията на солитоноподобни импулси в такива влакна.

В оспорваното състезание Първа награда на SPIE беше връчена на докторантите от Института по електроника при БАН Анна Кръстева и Румен Ников за изследванията им съответно на кохерентни резонанси, наблюдавани в Cs пари, затворени в свръхтънки оптични клетки (дебелина 5.2 мкм) и на импулсно лазерно наноструктуриране на тънки слоеве.

Анна Кръстева разгледа по-детайлно в презентацията си обръщането на знака на резонанса на оптичния преход $F_g=4 \rightarrow F_e=5$ на D_2 линията на ^{133}Cs . Представен беше теоретичен модел на базата на динамични уравнения, който потвърждава направеното предположение за влиянието на еластичното взаимодействие на Cs атоми с повърхността на прозорчето на тънката клетка върху параметрите на свръхтесните резонанси и необходимостта от по-нататъшното им изследване.

В доклада си на школата Румен Ников представи метод за получаване на наноструктури с контролируеми оптични свойства, базиран на лазерно отгряване на биметални слоеве (Au/Ag и Au/Ni) с различна концентрация на двата метала. Получените наноструктури могат успешно да се използват като активни подложки за повърхностно усилена Раманова спектроскопия (SERS).

Втора награда на OSA беше спечелена от докторант Катерина Желязкова от Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“.



Младите учени, получили награди на OSA, EPS и SPIE за най-добра постерна презентация

ски” за постерния ѝ доклад на тема „Изследване на структурата на междумодовата интерференция на изхода на влакнесто-оптичен съединител”. На основата на доброто съответствие между теоретичните и експерименталните резултати авторите смятат, че са достигнали до подходящ подход за оптимизиране на CCD детектор, ползван за анализ на външни въздействия върху влакнестооптично-базирани сензори.

Лилия Ангелова от Института по електроника беше отличена с трета награда на SPIE за работата си по внедряване на спектроскопска апаратура в клиничната практика за флуоресцентна детекция на туморни образувания на гастроинтестиналния тракт, чрез което се постига по-ясно разграничаване на лезиите и прецизирана ексцизия. За целта се използват ендогенни или екзогенни флуоресцентни маркери, което подобрява контраста между здрава и туморна тъкан.

Докторант Росен Ников от Института по електроника получи трета награда на OSA за изследванията си в областта на импулсната лазерна аблация на твърдотелна мишена в течност. Той представи резултати относно влиянието на плътността на енергията на лазерния импулс и продължителността на процеса на аблация върху размера и оптичните свойства на получените златни наночастици. Така получените частици намират приложение във фототермичната терапия и повърхностно усилената Раманова спектроскопия.

Журито връчи четвърта награда на SPIE на докторанта от Националния институт по лазери, плазма и радиационна физика (Букурещ, Румъния) Михай Бони, който докладва получаването на лазерна генерация в активна среда, представляваща капка течност с разтворено в нея подходящо органично багрило.

Освен осигуряването на благоприятна среда за творческа дискусия върху актуалните проблеми на лазерната физика 17-ата школа по квантова електроника даде възможност на участниците да се запознаят и с културните и историческите забележителности на стария Несебър, включен в Списъка на Световното културно наследство на ЮНЕСКО. Организирано беше и пътуване с яхта до гр. Поморие, едно от най-старите курортни селища на Българското черноморие. Посещението на действаща винарска изба и възможността за запознаване с тънкостите и тайните на винопроизводството и отлежаването на виното остави приятни спомени у гостите на конференцията.

Отличната организация на Седемнадесетата международна школа по квантова електроника „Лазерна физика и приложения” и нейното успешно протичане показва способността на младите сътрудници от Института по електроника не само да решават сложни научноизследователски проблеми, но и да организират международни форуми на високо ниво.

Таня Драйшу

Преди около две години Министерството на образованието, младежта и науката прекрати издаването на научно методичното списание „Физика”. С това то лиши преподавателите по физика и астрономия, както и специалистите по методика на обучението по физика от трибуна за споделяне на опит и идеи, за обсъждане на учебната документация, за публикуване резултати от изследователската работа, от източник на информация за новости в науката и др.

**„ФИЗИКА: МЕТОДОЛОГИЯ НА ОБУЧЕНИЕТО“ –
НОВО ИЗДАНИЕ НА СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ
В БЪЛГАРИЯ**

Като отчита необходимостта от подобно издание, както и възможностите, които предлагат съвременните информационни технологии, Съюзът на физиците в България реши да издава електронно списание *Физика: Методология на обучението*. Негов главен редактор е доц. д-р Цвятко Попов от катедра „Методика на обучението по физика” във Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски”. Списанието е приемник на списание *Физика*.

Новото списание разширява кръга на читателската си аудитория, като включва в него всички занимаващи се с разпространение на физични знания в нашата образователна система (учителите по „Човекът и природата“ в началната и основната училищна степен, по „Физика и астрономия“ в средните училища, както и преподавателите по всички физични дисциплини във висшите училища). Целта на списанието е чрез повишаване на тяхната квалификация да допринесе за увеличаване на ефективността на образователния процес по физика и астрономия. За постигане на тази цел то:

- публикува резултати от научноизследователската и приложната дейност в областта на методиката на обучение по физика и астрономия у нас и в чужбина (нови методи, средства и технологии в обучението и др.);
- предоставя трибуна за споделяне на педагогически опит;
- популяризира постиженията на науките и основаните на тях технологични приложения, като с това спомага за поддържане високото научно равнище на преподавателите;
- публикува проекти за нова нормативна учебна документация, мнения и предложения за тях, както и за нови учебници и учебни помагала;
- съдейства за повишаване на интереса към физиката и астрономията чрез публикуване на материали от различни ученически и студентски състезания, чрез разкриване връзката между историята и философията на науката и др.

Достъпът до съдържанието на първия брой на новото списание е *свободен* на адрес: <http://physika-bg.org>. В него са поместени подробни указания за начините за абониране за списанието, както и за изискванията към авторите по отношение оформянето на предлаганите за публикуване материали.

Христо Попов

ВТОРИ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

41 НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИ
НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

Организатори: Съюз на физиците в България,
Българска академия на науките,
Софийски университет “Св. Климент Охридски”

ПОД ПАТРОНАЖА НА ПРЕЗИДЕНТА НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ
Г-Н РОСЕН ПЛЕВНЕЛИЕВ

25-29 септември 2013, София

Откриване в Големия салон на БАН, ул. „15 ноември“ 1

Заседания в Ректората на СУ “Св. Кл. Охридски”, бул. „Цар. Освободител“ 15
(програмата ще бъде съобщена допълнително)

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

Председател: акад. Александър Петров – председател на СФБ

Зам.-председатели: проф. дфн Иван Лалов – зам.-председател на СФБ

проф. дфн Анна Георгиева – зам.-председател на СФБ

доц. д-р Теменужка Йовчева – зам.-председател на СФБ

Главен секретар: проф. дфн Тодор Мишонов – председател на Софийския клон
на СФБ mishonov@gmail.com

Секретари: проф. дфн Николай Тончев, доц. д-р Олег Йорданов

Организационен секретар: Снежана Йорданова urp@phys.uni-sofia.bg

Членове: УС на СФБ, ръководства на факултети, катедри и институти, представители на министерства и фирми, чуждестранни членове

СЕКЦИИ

	СЕКЦИЯ	ОТГОВОРНИК (Председател)
1.	Проблеми на образованието по физика. Ученическа сесия	проф. дфн Иван Лалов П. Лазарова lazarova@usb-bg.org
2.	Ролята на физическите науки за иновациите и индустрията в България. Физика и енергия. Управляем термоядрен синтез	проф. П. Витанов vitanov@phys.bas.bg доц. Д. Балабански balabanski@inrne.bas.bg

3.	Атомна и ядрена физика. Физика на елементарните частици	проф. дфн А. Георгиева anageorg@inrne.bas.bg
4.	Физика на кондензираното състояние, нови материали, криогенна физика	проф. дфн Н. Тончев tonchev@issp.bas.bg
5.	Радиофизика, електроника и квантова електроника	проф. дфн Ал. Драйшу ald@phys.uni-sofia.bg
6.	Физическа оптика, оптически методи, оптоелектроника	чл.-кор. Петър Атанасов paatanas@hotmail.com paatanas@ie.bas.bg
7.	Физика на Земята, атмосферата и Космоса	чл.-кор. Н. Милошев miloshev@geophys.bas.bg
8.	Астрономия и астрофизика	доц. д-р В. Голев valgol@phys.uni-sofia.bg
9.	Физика на живата и меката материя. Физика в медицината	акад. Ал. Петров director@issp.bas.bg доц. д-р В. Тодоров ventseslav.t@abv.bg
10.	Теоретична физика	проф. дфн Т. Мишонов mishonov@gmail.com
11.	Физика на плазмата	доц. д-р Ж. Кисьовски kissov@phys.uni-sofia.bg

Секционните доклади ще бъдат с продължителност 30 минути.

Пленарните доклади ще се публикуват в списание „Български физически журнал”, а секционните – на диск (supplement). Обемът на всеки доклад ще бъде до 8 страници. Допълнително доклади на български език ще могат да бъдат публикувани в списание „Светът на физиката”.

Участниците сами организират резервацията на хотел в София. Моля колеги, които знаят за подходящи хотели, да изпратят на адрес upb@phys.uni-sofia.bg пълна информация за мястото за настаняване: уеб страница, име, адрес, e-mail, телефон, цени. Списъкът ще се появи в следващи редакции на това съобщение.

Резюмета на докладите (както и тези за студентската сесия) да се изпращат по e-mail на председателите на секции до 01 юни 2013 г.

Такса за правоучастие:

до 1.06.2013 г.: за членове на СФБ – 40 лв., за нечленове – 60 лв.;

след 1.06.2013 г.: за членове на СФБ – 50 лв., за нечленове – 70 лв.

НАГРАДИ НА ФОНДАЦИЯ „СВ. СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЙ” ЗА УЧИТЕЛИ ПО ФИЗИКА

По предложение на Съюза на физиците в България Международната фондация „Св. Св. Кирил и Методий” учреди две награди на името на Фондацията, които се присъждат на учители по физика:

- „За изключителни постижения при откриването и развитието на млади таланти”;
- „За постижения при създаване на условия за най-подходяща учебна среда”.

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

- Поименен списък на наградените през последните пет години ученици на национални и международни конкурси, година на награждаването, къде са наградени и на кое място са класирани;
- Документи на национални и международни награди, признания и оценки за кандидата/ кандидатите/ за последните пет години;
- Списък на приетите студенти по физика в университетите на страната;
- Публикации на кандидата и на неговите ученици.

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

Предложенията за награждаване трябва да съдържат:

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

Предложения за участие в двата конкурса да се представят в срок до 31.07.2013 год. на адрес: София 1164, ПК 6, Бул. „Джеймс Баучер” 5, Съюз на физиците в България /за конкурса/.

Наградите са парични, стойността им ще бъде определена по-късно.

Ще бъдат връчени от представители на международната фондация „Св. Св. Кирил и Методий” на Втория национален конгрес по физически науки и 41-вата национална конференция по въпросите на обучението по физика, които ще се проведат съвместно от 25 до 29 септември 2013 г. в гр. София.

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

Акад. Александър Петров,
председател на Съюза на физиците в България

ИНТЕРЕСНИ УЕБ СТРАНИЦИ

Теорията на хаоса на 50 години. Тази година се навършват 50 години от знаменитата публикация на Едуард Лоренц с непретенциозното и почти нищо не значещо заглавие „Детерминистичен аperiодичен поток“ (Deterministic Nonperiodic Flow), излязла в списание извън фокуса на основната част от физическата и математическите колегии – J. Atmos. Science. По мнението на много колеги именно появата на тази статия трябва да се счита за рождена дата на теорията на хаоса. Разбира се, Лоренц не се появява на абсолютно „празно пространство“. Изключително важни съставки на теорията са открити още от Поанкаре и Адамар. В края на 80-те години на XIX век, Анри Поанкаре опитвайки се да реши проблема за три тела движещи се под взаимовъдействието на силите на гравитацията, наблюдава ефекта който днес наричаме *чувствителна зависимост от началните условия*. По думите на самия Поанкаре: „Би могло да се случи, че малки разлики в началните условия водят до големи такива в крайните явления ... Предсказанията стават невъзможни.“ И тъй като е изучавал една система без случайни сили, Поанкаре зачертава широко възприетия „френски принцип“ – принципа на детерминизма – колоритно формулиран от Пиер Симон Лаплас през 1820 г., но интуитивно възприеман дълго преди това. Резултатът на Поанкаре прави този принцип невалиден за система, чувствителна към началните условия не в абстрактната му форма, а на практика. Състоянията на една система не могат да се измерят с абсолютна точност и следователно не знаем точно от какви начални условия тръгваме, за да предскажем къде ще стигнем. Поанкаре открива и друга важна характеристика на хаотичните системи: съществуват траектории (орбити), които не са периодични, но които нито отиват в безкрайност, нито приближават фиксирана точка. Предлага и метод за анализ, позволяващ да се редуцира с единица размерността на една непрекъсната динамична система, съпоставяйки и дискретна система – изображение на Поанкаре. (Читателят може да се запознае с любопитни аспекти свързани с изследванията на Поанкаре в тазгодишната тема на раздела „Четиво с продължение“, посветено на книгата на Ф. Диаку и Ф. Холмс, „Срещи в небесата“ в превод на М. Бушев.)

Мотивирани от резултатите на Поанкаре, редица математици от различни страни развиват теорията на динамичните системи и в частност на хаотичните системи. Непълнен, но забележителен списък включва: Жак Адамар (1898 г.), Гарет Биркхов (1927 г.), Андрей Колмогоров (1941 г.), Еберхард Хопф (1942 г.), Мари Картрайт и Джон Литлууд (1945 г.), Стивън Смейл (1960 г.) и др. Любопитно е, че с изключение на последния, всички са изследвали конкретни задачи, възникнали във физиката. Отчетлива следа оставят и изследвания свързани с проблеми на електронното инженерство, напр. резултатите на Ван дер Пол (1926 г.) и Александър Андронов и сътрудници (в редица трудове от 20-те до 50-те години на XX век).

Въпреки постиженията на теорията и получаването на редица подкрепящи я експериментални резултати, в продължение на около 70 години след Поанкаре, теорията

на хаоса не е възприемана като значима и самостоятелна дисциплина. От една страна, математическите статии след „схизмата“ между математиката и физиката настъпила в началото на XX век се пишат на език, предизвикващ търпението на учените от природните науки. От друга, стремежът към максимална общност на доказаните теореми ги прави не достатъчно силни за да убедят изследователите, че този вид поведение би могло да бъде от значение в специфичните им научни области. Резултатите на Поанкаре и последователите му дълго са разглеждани като „патологични изключения“ и даже като „чудовища“, следствия на случайни фактори, и поради това игнорирани.

В този и следващите две издания на рубриката „Интересни уеб страници“, ще предоставим интернет адреси с коментари към някои от ключовите по наше мнение статии, променили схващането и направили теорията на хаоса една от най-сериозните достижения на науката във втората половина на XX век с приложения във всички природни науки, в редица от социалните и дори в хуманитаристиката.

Система и „странен атрактор“ на Лоренц. Е. Лоренц завършва бакалавърска (Дартмунд, 1938 г.) и магистърска (Харвард, 1940 г.) програма по математика. По време Втората световна война служи като метеоролог и след края ѝ защитава дисертация по метеорология в Масачузетския технологически институт (МИТ). Едва през 1955 год. обаче постъпва на работа като преподавател в МИТ. По това време развитието на метеорологията е приблизително на нивото на което днес се намира икономиката: прогнозирането на времето се основава на линейни регресии, използващи за целта параметри на времето измерено през последните няколко дни. Първоначалната мотивация за изследването на Лоренц е да покаже, че този подход е ненадежден. За целта реализира опростен компютърен модел с 12 променливи на атмосферна динамика и систематично търси аperiодични решения, правилно предполагайки, че за тях линейната регресия ще се окаже много лошо приближение. Лоренц не само открива аperiодични решения, но преоткрива и това, което е било известно на Поанкаре преди повече от 70 години: две траектории, започващи от две много близки начални условия се разхождат след относително кратък времеви период. Лоренц представя резултатите от своя модел с 12 променливи на симпозиум в Токио през 1960 г. но не успява да привлече интереса на колегите си метеоролози. След Токио той се съсредоточава върху задачата да намери най-простия модел приближение на уравненията на атмосферна конвекция, който да притежава свойството чувствителна зависимост от началните условия. И редуцира първоначалния си модел до само три променливи. Именно този модел е представен в така плодотворната му статия от 1963 г. Не че моделът се радва на моментален успех. За пръв път статията е цитирана през 1965 г. – 2 пъти (и следователно има принос *две* към импакт фактора на J. Atmos. Science *единствено* за тази година), след това през 1969 – веднъж, през 1974 г. – 2 пъти, 1975 – 3 пъти, 1976 – 4 пъти, 1977 г. – 8 пъти, за да достигне в деня на писането на настоящия текст до почти 12000 цитата! Авторът на тези редове е чувал следното колоритно извинение в доклад на конференция: „... как да я забележим и оценим като беше публикувана на такова затънтено място!“

В съвременния си вид, Теорията на хаоса изучава динамични системи, определени от системи от обикновени диференциални (за непрекъснати динамични системи като тази на Лоренц) или системи от диференчни (за дискретни системи) уравнения. И в двата случая, системата удобно се описва и онагледява във фазовото пространство, координатите на които се задават от променливите на системата. Произволна орбита в тримерното фазово пространство на системата на Лоренц се привлича и плътно изпълва множество, което донякъде прилича на отворени крила на пеперуда – странен атрактор на Лоренц. Определението „странен“ се оправдава от това, че атракторът не е нито двумерна повърхност, нито истинска тримерна област, а има (фрактална) размерност малко над две. Лоренц ясно демонстрира, колко информативно и полезно е изображението на Поанкаре, като го построява числено за системата си.

През 1972 г. на среща на Американската асоциация за напредък на науката, Лоренц изнася доклад озаглавен „Предсказуемост: предизвика ли размахването на крилата на пеперуда в Бразилия торнадо в Тексас?“. метафора за чувствителната зависимост от началните условия. Днес терминът „ефект на пеперудата“ е придобил гражданственост навсякъде, включително и извън научните среди. Несъмнено, подкрепяща роля за това изиграва и приликата на атрактора на Лоренц с крилата на пеперуда.

За подробности вж. българското издание: Едуард Лоренц, „Природата на хаоса“, София, 2000.

Период три предопределя хаотично поведение. Въпросът какво точно поведение трябва да се счита за хаотично не е тривиален и ясен отговор няма и до наши дни. Например не е достатъчно орбитите да се раздалечават, обичайно се предполага експоненциална разходимост, характеризирана от така наречените експоненти на Ляпунов. (Съществуват и изключения, доколкото може да се вярва на числените резултати, при тях разходимостта е по-бавна – степенна.) Друг интересен въпрос е следният. Една нелинейна система често има многопериодични решения. Ако разгледаме например една 64-периодична орбита, то тя визуално е толкова сложна, че е трудно да се отличи от орбита, в която период изобщо отсъства. Още по-трудно е да се отличават орбити в експериментални записи, освен ако последните не са много дълги. Как решаваме дали системата е в хаотичен режим? Въпросът се решава от една неочаквана и интересна теорема, получила широка известност след публикация на Ли и Йорк в *American mathematical monthly* от 1975 г. Теоремата гласи: ако за една едномерна дискретна система съществува елемент с периодичност 3, то за произволно цяло число k съществува елемент с период k . Т.е. ако съществува поне една орбита с периодичност 3, то съществуват орбити с произволна периодичност. Нещо повече, съществуват и неизброимо множество аperiодични точки. Това е прецизната формулировка на твърдението „период три означава хаос“. В много голяма степен работата на Лоренц придобива широка известност именно след като е цитирана от Ли и Йорк.

Теоремата на Ли и Йорк е още един пример за лоша комуникация между самите математици от една страна и между математиците и учените от природните науки

от друга. Защото преди нея е доказан още по-силен резултат, който казано образно, показва че съществува цяла йерархия в множеството на мултипериодичните траектории. Появата на дадена периодична траектория води до съществуването на всички периодични траектории с периоди, които стоят по-ниско в йерархията. Период три се оказва просто „най-висшия“, периодът оглавяващ йерархията. Следват всички нечетни периоди с изключение на 1, след тях са всички периоди представени като 2^k (нечетно число), 2^2k (нечетно число), 2^3k (нечетно число), и т.н. В тази поредица единицата се изключва от множеството на нечетните числа. Йерархията се завършва от числата от вида 2^k но в обратен ред: ... 2^4 , 2^3 , 2^2 , 2, 1. Така период едно е най-нисшия. Тази забележителна теорема е доказана още в 1964 година от съветския (украински) математик Олександр Шарковский и публикувана в Докл. на укр. акад. на науките. За да остане за дълго ... неизвестна. Включително и за Ли и Йорк, чиято статия може да се намери на:

http://www2.hkedcity.net/sch_files/a/sfx/sfx-nwc/public_html/period_three_implies_chaos.pdf

Представяват ли числено получените орбити на динамични процеси истински орбити? Името „Теория на хаоса“ в голяма степен е подвеждащо. Всички системи, които имат хаотично поведение са нелинейни и решения в затворена аналитична форма с редки изключения са невъзможни. Строги резултати за един или друг аспект на хаотичните системи също се броят на пръсти. В „теорията“ на хаоса, напредъкът най-често е резултат от числени решения или числени експерименти. Чувствителността на хаотичните системи към началните условия обаче поставят сериозни проблеми пред този подход. Всеки алгоритъм пресмята орбитите в някакъв краен интервал от време и взима получените решения като начални данни за следващия интервал. Тези стойности обаче се закръгляват в зависимост от използваната машинна точност и следователно се отличават от „истинските“. Разликата нараства експоненциално с времето и следователно възниква въпросът, може ли изобщо да се приемат числените решения за достоверни? Отговорът е положителен и се решава от следната неинтуитивна теорема за съществуване на „засенчваща орбита“.

Въпреки, че за всяка начална точка, числената траектория се разхожда от истинската, винаги съществуват близки начални данни, точната орбита за които следва числената произволно близко. Теоремата ни дава увереност, че числените експерименти представят хаотичните системи по един адекватен начин. Теоремата за съществуване на засенчващата орбита е доказана първо от Аносов (1970 г.) и Боуен (1990 г.) за така наречените хиперболични системи. Тука насочваме читателя към статията на Хамел, Йорк и Гребози, J. Complexity (1987 г.), която представя теоремата в по-общ вид и по много ясен начин. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0885064X87900240>

Подготвил страницата: **Олег Йорданов**

СРЕЩИ В НЕБЕСАТА

Произход на хаоса и устойчивостта

Флорин Диаку и Филип Холмс

Част втора

„Науката е изградена от факти, така както една къща се изгражда с камъни. Но съвкупността от факти също така не е наука, както купчината камъни не е къща.”

Анри Поанкаре

Задачата за n тела

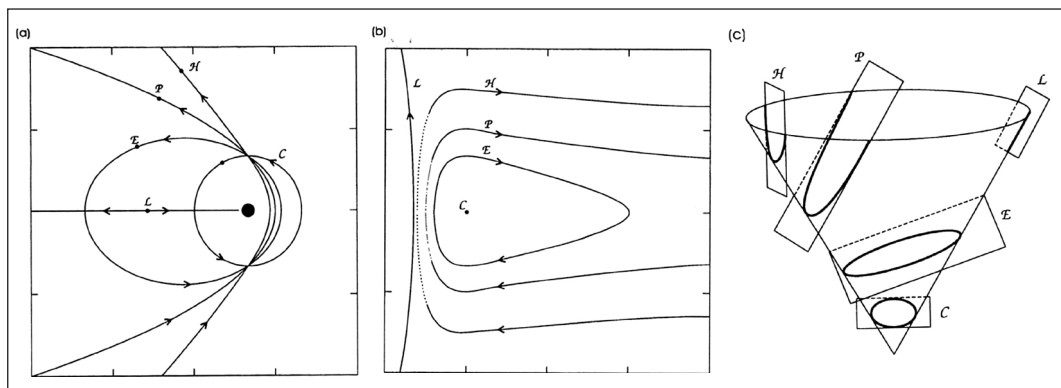
И така, какъв е проблемът, който занимава Поанкаре толкова дълго време? Това е една от най-старите мечти на човечеството: да разбере движението на небесните тела – Слънцето, планетите и луните в нашата Слънчева система. Първата цялостна математическа формулировка на този проблем е дадена в Нютоновите *Principia*. Тъй като гравитацията е отговорна за движението на планетите и звездите, Нютон е трябвало да изрази гравитационните взаимодействия в термините на диференциални уравнения.

Първоначално Нютон приема като неоспорим факт това, че повечето небесни тела могат да се представят като материални точки. За начало нека разгледаме случая на две тела. Съгласно Нютоновия закон за гравитацията силата, действаща върху всяко тяло, е правопропорционална на произведението на масите, обратнопропорционална на квадрата на разстоянието между техните центрове и действа по правата, която ги съединява. Следователно гравитацията действа върху телата, разглеждани като твърди сфери, по точно същия начин, по който би действала върху точкови частици, които имат същите маси като сферите и са разположени в техните центрове. Нютон строи цялата си теория върху това предположение и едва преди самото ѝ публикуване осъзнава, че то се нуждае от обосновка. Намирането на строго математическо доказателство на тази теорема му отнема известно време, поради което публикуването на *Principia* се забавя. Обаче този фундаментален резултат позволява да бъде формулиран знаменитият *проблем за n тела* – един от най-значителните въпроси в историческото развитие както на математиката, така и на физиката.

В не съвсем строга формулировка физическият проблем гласи следното: дадени са само настоящите положения и скорости на група небесни тела; трябва да се предскажат техните движения за цялото бъдещо време и да се изведат за цялото минало време. Казано по-точно, да разгледаме n точкови маси $m_1, m_2, \dots, m_n$ в тримерно (физическо) пространство. Да предположим, че силата на привличане между всяка двойка частици е Нютонова. Тогава, ако началните положения в пространството и началните скорости са определени за всяка частица в някакъв „настоящ” момент t_0 ,

да се определи положението на всяка частица във всеки бъдещ (или минал) момент от времето. На математически език това означава да се намери глобалното решение на задачата с начални условия за диференциалните уравнения, описващи проблема за n тела. При n равно на две това е проблемът за две тела или *проблемът на Кеплер* – в чест на Йоханес Кеплер, немският астроном, който наред със своите закони, даващи обяснение на астрономичните наблюдения на Тихо Брахе, вдъхновил Нютон да създаде гравитационния модел (Фиг. 1.5).

Диференциалните уравнения на задачата за двете тела лесно се решават. Може да се докаже, че траекторията на едната частица относно другата винаги лежи върху *конично сечение*. (Коничните сечения получават названието си от факта, че могат да се получат от разрез на конус под различни ъгли, както е показано на Фиг. 1.5с.) Това означава, че описваната във физическото пространство орбита може да бъде окръжност, елипса, парабола, клон от хипербола или права линия.



Фиг. 1.5. Проблемът за двете тела: а) няколко възможни положения на гравитираща частица относно друга частица във физическото пространство; б) същите движения, представени във фазовото пространство; в) коничните сечения се получават при разрязването на конус под различни ъгли. Тук С означава окръжност, Е – елипса, Р – парабола, Н – хипербола, а L – отсечка от права линия

На пръв поглед тези уравнения изглеждат нерешими: за пълното описание на състоянието на всяка частица са нужни три променливи на положението и три компоненти на скоростта, тъй като и двете частици се движат в тримерно физическо пространство. Следователно фазовото пространство има два пъти по шест, т.е. дванадесет измерения. Казваме, че системата има *шест степени на свобода*: по една за всяка от променливите на положението, необходими за нейното описание. Как можем да анализираме решенията, които се разгръщат в дванадесетмерно пространство?

Тук на помощ ни идват различните закони за запазване на Нютоновата механика. Преди всичко, тъй като силите действат само по линията, съединяваща частиците, които някога са започнали да се движат в равнина, тези частици завинаги остават в същата

тази равнина. Поради това за всяка частица на нас са ни нужни само две променливи на положението и две компоненти на скоростта или всичко осем променливи. Освен това *импулсът*, т.е. сумата от произведенията на масите по техните скорости се запазва, така че положението на центъра на масите относно телата не се изменя (той лежи някъде по линията, свързваща частиците, в близост до по-тежкото тяло). Така че на нас ни е нужно да определим само *относителното* положение на едната частица по отношение на другата, а оставаме с две променливи на положението и две на скоростта или с две степени на свобода. Най-после липсата на въртящи моменти означава, че ъгловият момент също се запазва. Именно благодарение на този ефект балетистът или танцьорът на лед се завърта по-бързо, когато прибере ръцете си до тялото: въртеливото и радиалното движение са свързани и всяко едно от тях определя другото. По такъв начин броят на уравненията се свежда до две, които описват скоростта на изменение на разстоянието между частиците и тяхната относителна скорост по съединяващата ги линия. Остава само една степен на свобода.

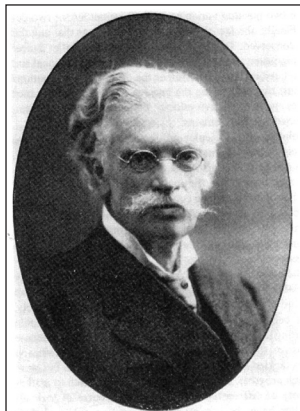
Пълното решение на Кеплеровия проблем е дадено от швейцарския математик Йохан Бернули през 1710 г. Името Бернули, произхождащо от Антверпен, често се появява в математиката и физиката. Най-малко осем членове на фамилията Бернули, принадлежащи към три поколения, са направили значителни приноси в науката. Йохан е роден в Базел през 1667 г. и е станал професор в университета на родния си град през 1705 г., като е наследил на това място по-възрастния си брат Яков. Даниел, един от синовете на Йохан, е известен с приносите си в механиката на флуидите и в кинетичната теория на газовете.

За съжаление, проблемът на двете тела се оказва единственият лесен проблем измежду всички проблеми за n тела. За n , по-голямо от две, въпреки положените огромни усилия нито един случай не е получил пълно решение. Тази задача даже се превърнала в тема на разговори в модните парижки салони, като е възбудила интереса на личности като Волтер и мадам Дьо Ментенон¹. Повечето от големите математици на XVIII и XIX век са се занимавали с определящите диференциални уравнения, но без особен успех, макар че в хода на своите изследвания те са допринесли много за математиката и за теорията на диференциалните уравнения. По-късно ще имаме възможност да се запознаем с някои от техните постижения.

Наградата на крал Оскар

„Дадена е система от произволно голям брой материални точки, взаимодействащи помежду си по Нютоновите закони. При предположение, че никои две точки не се сблъскват, да се намери представяне на координатите на всяка точка във вид на ред по променлива, която е известна функция на времето и за всички нейни стойности редът е равномерно сходящ.

На пръв поглед този проблем, чието решение значително ще разшири нашето разбиране за Слънчевата система, би могъл да се разреши с помощта на аналитичните методи, с които днес разполагаме. Ние бихме могли най-малкото да предположим



Гьоста Митаг-Лефлер



Кралят на Швеция и
Норвегия Оскар II



Карл Вайерщрас

това, доколкото малко преди смъртта си Лъожон Дирихле съобщава на свой познат геометър [Леополд Кронекер], че е открил метод за интегриране на диференциалните уравнения на механиката и че посредством прилагане на този метод той е успял да докаже абсолютно строго устойчивостта на нашата планетна система. За съжаление, ние не знаем нищо относно този метод освен това, че изходен пункт на това откритие, съдейки по всичко, е била теорията на малките колебания. При все това можем почти със сигурност да предположим, че този метод е бил основан не върху дълги и сложни пресмятания, а върху развитието на една фундаментална и проста идея, която бихме могли основателно да се надяваме, че ще разкрием с настойчиво и задълбочено изследване.

Ако все пак при изтичането на срока за конкурса проблемът остане нерешен, наградата би могла да се присъди за труд, в който се изследва някой друг проблем на механиката и се стига да неговото пълно решение.”

Така е гласяло съобщението в *Acta Mathematica*, том 7 от 1885–1886 г. Гьоста Митаг-Лефлер, изтъкнат стокхолмски математик и главен редактор на това неотдавна основано списание, е направил смела крачка. Той е убедил краля на Швеция и Норвегия Оскар II да учреди голяма парична премия и медал за награда на първия човек, който получи глобалното общо решение на задачата за n тела, като посредством тази награда бъде отбелязан шестдесетият рожден ден на краля на 21 януари 1889 г.

След известни спорове относно трудността да се накарат най-изтъкнатите в света математици да работят съвместно, е формирано международно жури, съставено от Карл Вайерщрас (бивш учител на Митаг-Лефлер) от Берлин, френския математик Шарл Ермит и самия Митаг-Лефлер. Това жури поставя четири проблема, от които за нас е интересен само първият, формулиран по-горе, макар че заслужава да се отбележи връзката на четвъртия проблем с група „Фуксови” функции, върху които Поанкаре също е работил.

Тук ще направим кратко отклонение, за да обясним някои технически термини, които ще се появяват на няколко места в книгата. Когато говорим за *разложение в ред* или за *приближение*, подразбираме, че търсим решение (на

диференциалното уравнение) във вид на безкрайна сума от членове, всеки от които е решение на по-просто спомагателно уравнение. Първият член дава грубо приближение; сумата на първия и втория член дава по-добро приближение и т.н. Ако поправките намаляват до нула и сумата на всички членове е крайна, казваме, че редът е *сходящ*. В настоящия контекст освен това всеки член е и функция на времето, така че ако редът е сходящ за всички времена – бъдещо и минало – редът е *равномерно сходящ*. *Теорията на малките колебания* е свързана с уравненията, които пораждат приближения от първи порядък – така наречените линеаризирани уравнения. Методът на редовете за пръв път е приложен в небесната механика от Лаплас и Лагранж, за които ще стане дума в четвърта глава, където също се обсъжда линеаризацията.

Крайният срок за представяне на конкурсните работи бил на 1 юни 1888 г. Паричната награда от 2500 крони не била особено голяма (тя се равнявала приблизително на една трета от годишната заплата на Митаг-Лефлер), но по своя престиж за онова време наградата била равностойна на днешната Нобелова награда. Веднага след обявяването на конкурса тежката артилерия на математическия свят се насочва към проблема за n тела. Мнозина желаели да го решат, но в крайна сметка измежду дванадесет кандидати само петима стигат до финала.

Постижението на Поанкаре

Анри Поанкаре тъкмо е навършил трийсет и една годишна възраст, когато научава за наградата на крал Оскар. Макар вече да е с установен авторитет и с международна известност, той отлично разбира, че ако спечели премията, това ще му донесе огромен напредък в кариерата. Проблемът е извънредно труден, в това няма съмнение, но все пак си заслужава да опита. Такъв шанс рядко се случва и вероятно би се паднал отново след твърде много години.

Нощта е дъждовна и той се чувства уморен. Време е за сън. Психологически неподготвен за току-що научената новина, той не може да реши дали да се заеме с проблема или не. Преди пет години беше претърпял неуспех в подобен конкурс. Есетото, което беше предложил за онази Голяма награда (Grand Prix), не получи добра оценка. Този път нещата бяха по-различни. Той се чувстваше по-силен и по-добре подготвен. Но все пак изпитваше някакво смъртно безпокойство.

Винаги има определен риск при решаването на сложен въпрос. Човек трябва да вложи в него знания, умения и нови идеи, а също така да е готов на огромен труд. Не е достатъчно да си умен и да си способен да създаваш нови идеи, да бъдеш надарен с добра интуиция и с аналитична и синтетична мощ на мисълта; много важен е също така факторът на късмета. А освен всичко това човек трябва да бъде силен и упорит. След нощ на горчиво разочарование, когато ти се струва, че месеци на упорит труд са се оказали безполезни, защото някъде в началото си допуснал някаква проста техническа грешка, на следващата сутрин ти все пак трябва да станеш пълен с енергия и да започнеш отново, при това с още по-голям ентузиазъм. Много по-лесно е да се придържаш към познатата ти територия, да се осъществяваш само

в области, в които си добре подготвен. Малцина имат смелостта и настойчивостта да изследват неизвестното.

Докато напразно се опитва да заспи, Поанкаре премисля живота си, мисли за щастieto, за успеха. Знае, че може да разчита на способността си да вниква в нещата, но умората е намалила обичайния му оптимизъм. По-късно той ще пише: *„Животът е кратък епизод между двете вечности на смъртта, но даже в този епизод съзнателната мисъл е продължавала и ще продължава само един миг. Мисълта е само кратко просветване в дългата нощ. Но това просветване е всичко“*. Без да е взел решение, дали да приеме предизвикателството, той най-после потъва в сън.

А когато на другия ден се събужда, решението вече е взето. Ще опита. Това е единственият възможен избор. Знае, че трябва да постъпи така.

Небесната механика много отдавна е любим предмет на Поанкаре. Още като дете той обича да съзерцава нощното небе от задния двор на тяхната къща. Научил е имената на съзвездията и е очарован от странстванията на планетите. Навън е така тихо. Прохладата и свежият аромат на пролетните цветя са толкова приятни. Той се чувства едновременно малък и защитен, част от нещо много по-голямо. Ежедневните проблеми изглеждаха толкова незначителни: звездите са били там много преди той да е роден, и независимо от това, което той би правил, те биха останали още много дълго.

В първата математическа статия на Поанкаре в областта на небесната механика, публикувана през 1883 г., се разглеждат някои специални решения на проблема на трите тела. Втората статия последвала година по-късно. Въпреки дълбочината и значимостта им тези приноси не биха могли да се смятат за съществени пробиви. Въпросът на обявения конкурс би изисквал значително повече, обаче благодарение на предишните си трудове Поанкаре вече е придобил известно разбиране за темата. Той винаги е желал да продължи да я изследва, но на преден план са се оказвали други задачи и той никога не е успявал да отдели достатъчно време, за да се заеме с небесната механика. А междувременно е разработил нови подходи към диференциалните уравнения и те биха могли да се окажат полезни за тази задача. Той чувства, че е придобил добра интуиция относно правилната линия на подход към нея.

Въпреки това началото е трудно. Поанкаре бързо стига до границата на онова, което е известно. Има известна представа, как да продължи, но първоначалните му пресмятания показват, че този път не води доникъде. Минават няколко седмици, без да е намерил нов подход. Математиката, необходима за справяне с проблема, все още не е разработена. За да продължи, трябва сам да я развие. Разбира, че това ще изисква огромно количество време. Ще може ли да се справи с това преди крайната дата на конкурса? Трудно може да прецени, но това като че ли е единственият начин – поне единственият начин, който той можеше да си представи.

Минават месеци и месеци на упорита работа. Много пъти изоставя своите опити, но винаги ги възобновява. След като са изтекли две години, той повече не се отклонява от проблема, работи непрекъснато върху него. Това е красив проблем и Поанкаре успява да конструира огромна постройка. Създава цяла нова математика само за да я

приложи към проблемите за три и за n тела. Формулира понятието *интегрални инварианти* и го прилага за доказателството на *рекурентната теорема*, която ще опишем по-нататък. Поанкаре развива нов подход към периодичните решения и устойчивостта, включително идеята за *характеристичните експоненти*, които днес са стандартни инструменти в динамиката. Някои от неговите резултати са съвсем неочаквани и в противоречие с неговата интуиция. Други той не може да докаже, но е уверен в правилността им. Получава маса двусмислени и непълни резултати, твърде отдалечени от яснотата, която изисква от себе си и от своята работа. Но за съжаление, решението на изходната задача все още е твърде далеч и всяка нова стъпка напред все по-ясно му дава да разбере колко трудно достижима трябва да е крайната цел.

Публикуваната по-късно в *Acta* кореспонденция показва, че Митаг-Лефлер е окуражавал своя приятел Анри Поанкаре на няколко пъти през този период, като даже му подсказва да предложи отговори на другите въпроси, поставени от журито. Но Поанкаре насочва целия си талант към първия проблем.

През третата година картината започва да се прояснява. Проблемът на трите тела разкрива един от своите секрети. Поанкаре е доказал, че не съществуват други *еднородни първи интеграли* освен познатите. Това означава, че проблемът на трите тела не би могъл да се реши посредством определени количествени методи. На езика на казаното по-горе това означава, че проблемът не може да се сведе до задача с по-ниско измерение: даже ограниченият проблем на трите тела, за който ще стане дума по-късно, ще изисква две степени на свобода за своето пълно описание. Теоремата на Поанкаре се оказва усъвършенстване на аналогичен резултат, който немският математик Ернст Хайнрих Брунс е публикувал през 1887 г. Поанкаре открива и обяснява много други свойства, между които, както му се сторило, и доказателство за устойчивост на ограниченият проблем на трите тела. Едва по-късно той разбира, че това доказателство е грешно и че опитите му да го коригира ще го изведат до още по-удивително откритие².

Поанкаре вярва, че тези резултати са достатъчни, защото той вече знае, че проблемът е многократно по-труден, отколкото някой би могъл да предположи. Математиците трябваше да изменят начина си на мислене и подхода си към динамични проблеми от този тип. Количествените методи, при които се търсят в явен вид формули и интеграли, се оказват твърде слаби. Той се е изправил пред някаква огромна врата, водеща към загадъчен свят. Отваря я и застава на прага, загледан навътре. За пръв път от много месеци насам си позволява да се отпусне. „Този проблем ще разкрие неизчерпаем източник на резултати за бъдещите поколения – мисли си той. – Сам аз не бих могъл да се справя и всичко, което бих успял да постигна, е да направя още няколко крачки напред, а това би заело целия ми останал живот. Но сега поне разбирам, че никой няма да може сам да реши проблема. Той няма да е по силите и на нашето поколение.”

Поанкаре решава да опише своите изследвания. Вече не мисли за самата награда. Трябва да публикува своите резултати. Всеки, а не само онези, които работят върху проблема за n тела, трябва да е в състояние да вникне в новата гледна точка, развита от него. Количествените, аналитичните методи са добри само отчасти. *Ние трябва да*

започнем също така да разсъждаваме качествено и геометрично! Най-бързият начин да разпространи тези идеи е да предложи своите резултати за конкурса, въпреки че те не са завършени и още са далеч от съвършенство. Още същата вечер той скицира плана на своя бъдещ ръкопис. На 17 май 1888 г. ръкописът е представен за конкурса.

Според правилата за участие в конкурса заявките за участие е трябвало да бъдат анонимни, като разпознаването им е можело да става само по епиграфа на предложения труд. Припомняйки си своя детски възторг от нощното небе, Поанкаре избира фразата: *Nunquam praescriptos transibunt sidera fines* (нищо не надхвърля звездните граници).

На 21 януари 1889 г. Жул Анри Поанкаре става носител на наградата за неговия забележителен принос към изясняването на проблема за n тела и на свързаните с него фундаментални въпроси на динамиката.

Les méthodes nouvelles

За малко повече от една година пробивът на Поанкаре става световноизвестен. Остава да бъдат доработени няколко детайла, но най-после статията е подготвена за публикуване. Тя е огромна. Печатният вариант, който накрая се появява в том 13 на *Acta Mathematica* за 1890 г., възлиза на 270 страници – размерът на една средно голяма книга. И фактически това е само първи проект за огромния тритомен труд, който по-късно Поанкаре ще напише. В края на тази глава ще опишем по-подробно историята на тази статия и на нейното публикуване, а засега е достатъчно да споменем, че след нейната поява Поанкаре става знаково име в математиката.

Значението и стойността на новата математическа врата, отворена в статията „Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique”³, са неоеценими. Успехът зарежда Поанкаре с нова енергия. Той решава да напише книга върху този предмет и веднага пристъпва към работа, като целта му е да развие и разшири идеите, заложили в наградената статия. През 1892 г. се появява първият том на *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*⁴. Скоро той е последван от втория том, публикуван само година по-късно. В първия том се обсъждат *периодични решения* и *несъществуване на еднородни интеграл*, а така също *асимптотични решения* на проблема за трите тела. В него също се съдържат първите теореми за *непрекъсната зависимост на решенията от параметър*. Вторият том е посветен на методите, основани върху пертурбационни редове, развити от Нюком, Гилдън, Линдщед и Болин, както и върху техните приложения в проблема на трите тела. Написването на третия и последен том на книгата не е така гладко и бързо като това на първите два. Работата на Поанкаре върху качествените методи е забавена заради други проекти. Нещо повече, колебанията относно някои от новите открития правят Поанкаре много предпазлив. Основните въпроси, които се разглеждат в този последен том, са *интегрални инварианти*, *устойчивост в смисъл на Поасон*, *периодични орбити от втори род* и така наречените *двойно асимптотични решения*, които той е въвел в своето есе за конкурса.

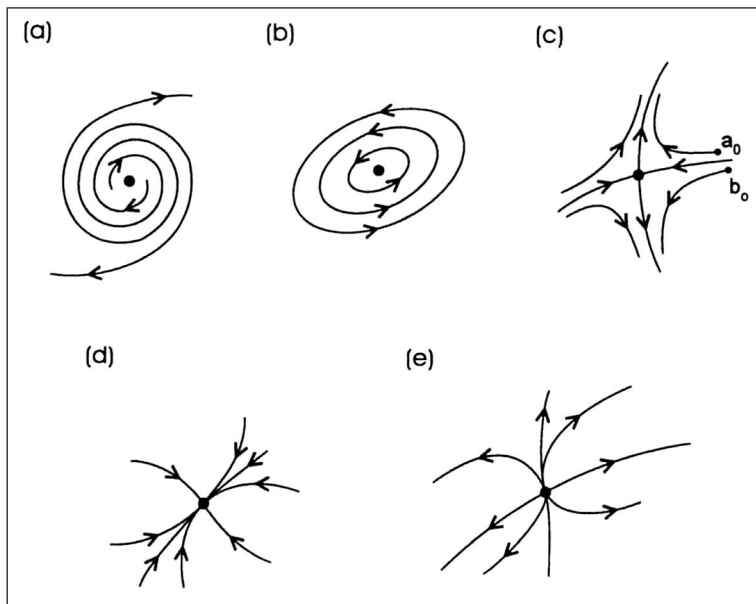
По-нататък ще разгледаме някои от тези въпроси, но засега най-голям интерес представляват за нас двойно асимптотичните решения. Те се появяват в последната

глава на *Les méthodes nouvelles* и тъкмо тяхното поведение озадачава Поанкаре и го завладява, както посочваме в началото на нашата история. В продължение на близо десет години той прави усилия да ги разбере. За да оценим трудностите, на които се е натъкнал и в крайна сметка е преодолял, ние ще трябва да се върнем към теорията на диференциалните уравнения. Следващите три раздела са малко по-специални, но са необходими, за да стане ясно какво се разбира под „хаос“ от математическа гледна точка.

Неподвижни точки

Да си спомним, че решението на едно диференциално уравнение може да се представи с крива върху равнината, в пространство с по-голяма размерност или върху многообразие. В един особен случай тази крива може да бъде единична точка. От даденото по-рано сравнение с повърхността на река такава точка може да бъде центърът на вихър. Веднъж заловена от него, плаващата съчка остава завинаги в центъра му, ако течението не измени характера си. Това не е единствената възможна конфигурация: *неподвижната точка* може да притежава няколко различни форми, някои от които са показани на Фиг. 1.6. Споменатата орбита се нарича също *точка на покой* на потока, а също *равновесно решение* на диференциалното уравнение. В тези точки не стават изменения и променливите на диференциалното уравнение остават постоянни.

Както е показано на Фиг. 1.6b, около неподвижната точка могат да съществуват *затворени* или *периодични* орбити. Някои решения могат да клонят към или да се отдалечават от нея по спирали, както е показано на Фиг. 1.6a, или пък право към и от нея, както е на Фиг. 1.6c. Може също така да се случи всички орбити от околността да се стремят към равновесие (т.нар. *водосток* или *устойчив възел*, показан на Фиг. 1.6d) или да се отдалечават от него в случай на



Фиг. 1.6. Възможно поведение на потока в близост до неподвижна точка: а) спираловиден източник (неустойчив фокус); б) устойчива елиптична точка; в) седловинна точка; д) водосток (устойчив възел); е) източник (неустойчив възел)

източник (или неустойчив възел), както е на Фиг. 1.6е. На Фиг. 1.6с е показано как две орбити се доближават, други две се отдалечават от неподвижната точка, а всички други минават покрай нея, поради което тази точка се нарича *седловинна*.

Съседните решения могат да стигнат до равновесната точка само след безкрайно дълго време. Решението или пребивава вечно в равновесното състояние, или се стреми асимптотично към него. Освен това, доколкото скоростта намалява и стига до нула в равновесие, орбитите, които заобикалят седловинната точка, прекарват дълго време в нейната околност, като междувременно силно се раздалечават една от друга: две точки, които тръгват близо една до друга, но от противоположни страни на единствената крива (точките a_o и b_o на Фиг. 1.6с), която се приближава към седловинната точка, имат точно такава съдба. Споменатата крива се нарича *сепаратриса*, тъй като тя разделя орбитите с различно бъдеще. (Като отбелязваме, че за дадено решение на диференциалното уравнение е необходимо безкрайно дълго време, за да стигне до равновесие, трябва отново да подчертаем, че тук описваме *математичен модел*, т.е. идеализация и опростяване на физическата реалност. В реалния свят поради триенето движението спира след крайно време).

Какъв е физическият смисъл на равновесното решение? Както вече посочихме, тези състояния съответстват на процеси, чиито свойства не се изменят с времето. Например както намираща се в покой частица (падналото топче на Фиг. 1.1), така и частица, движеща се с постоянна скорост равномерно и праволинейно, могат да бъдат представени като равновесни състояния. Още два примера за равновесие ни дава махало, което се намира в покой в своето най-ниско или най-високо положение (Фиг. 1.7). Ясно е, че махалото, състоящо се от тежък топуз, закрепен към твърд прът, както можете да видите в дядовия стenen часовник, ще остане завинаги в своето най-ниско положение, стига да е там от самото начало и върху него да не действат никакви външни сили.

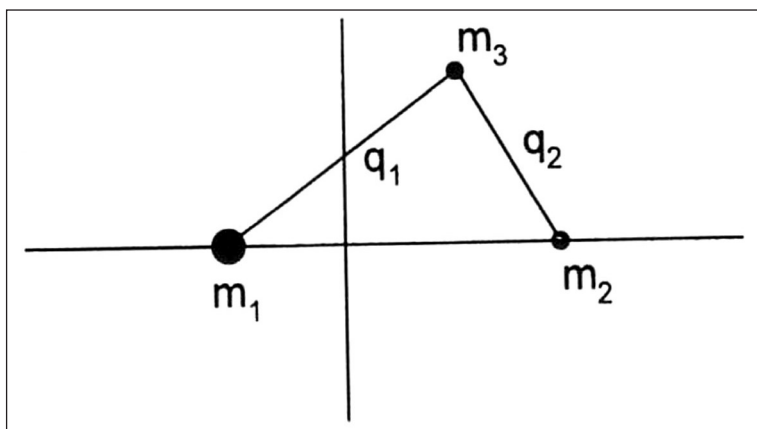
В действителност същото се отнася и за най-високото положение, макар че е трудно да си представим как бихме могли практически да поставим махалото в такова преобърнато положение, което да запазим, без да придържаме махалото. Всяко най-малко отклонение ще доведе до падането му в едната или в другата страна. Идеята за устойчивост се обсъжда в теорията на диференциалните уравнения. В първия случай казваме, че равновесното решение е *устойчиво*, докато във втория случай го наричаме *неустойчиво*. Устойчивост имаме, когато нито едно решение не напуска околността на равновесието, както е на Фиг. 1.6b и 1.6d. Устойчивостта, подобно на диаманта, е завинаги. Тя се отнася за дългосрочното поведение на решенията. Ако решението е устойчиво, решенията в близката му околност остават близки през цялото време. Неустойчивостта възниква, когато поне една орбита напуска равновесното състояние даже ако в крайна сметка тя се връща в същата околност (Фиг. 1.6a и 1.6с).

Проблемът на Поанкаре се отнася до орбити, които се приближават към и отдалечават от равновесните решения, а също до периодични орбити. По такава *асимптотична орбита* би се движил спътник, който се е насочил да паркира в точката, където гравитационните привличания на Земята и на Луната взаимно се компенсират. Поанкаре

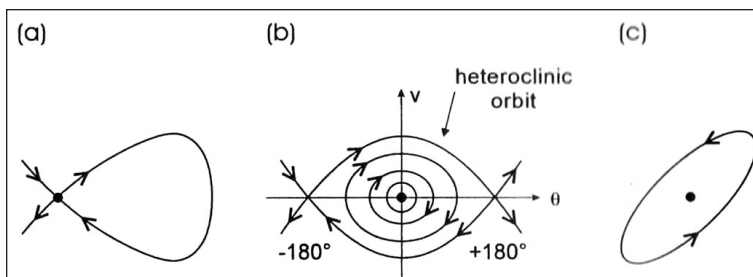
изучавал *плоския ограничен проблем на трите тела* – частен случай на класическия проблем на трите тела, при който всички тела се движат в една обща равнина и една от масите е много малка в сравнение с другите две. В резултат на това последните се движат по елипсите на решимата задача за две тела така, като че ли малката маса изобщо я няма. Фактически Поанкаре се концентрира върху частния случай на кръгови орбити, като за целта преминава към въртяща се координатна система, относно която двете по-големи тела се виждат като неподвижни. Тогава положението и скоростта на третата маса могат да се определят със само две координати, т.е. имаме система с две степени на свобода. На Фиг. 1.8 са показани двете големи тела m_1 и m_2 , въртящи се около техния общ център на масите, с който е свързана координатната система. Положението на малката маса m_3 се задава от двете разстояния между частиците q_1 и q_2 .

Изчисленията на Поанкаре показали, че *двойно асимптотични* орбити могат да възникнат за тази система около някои равновесия. Това са криви, които напускат равновесното състояние, а след това се завръщат асимптотично в него с течение на времето, както е показано на Фиг. 1.9a. В последния том на *Les méthodes nouvelles* той нарича тези орбити *хомоклини*, тъй като те влизат и излизат от една и съща граница.

Кривата, съединяваща две различни равновесия, той нарекъл *хетероклинна* (Фиг. 1.9b). На последната фигура фактически е показан фазовият портрет за махалото от Фиг. 1.7. Промениливите, описващи неговото състояние, са θ – ъгълът, който прътът сключва с вертикалата, и v – ъгловата скорост на пръта и топуза. Споменатите по-горе две равновесни състояния възникват като устойчива неподвижна точка $(\theta, v) = (0, 0)$, заобиколена от периодични орбити, съответстващи на малки колебания на махалото, и на неус-



Фиг. 1.8. Плоският ограничен проблем на трите тела



Фиг. 1.9. Хомоклинна (a), хетероклинна (b) и периодична (c) орбита

тойчивата неподвижна точка $(\theta, v) = (180^\circ, 0)$, съответстваща на най-високото или „горното“ равновесно положение. (Последното възниква два пъти: при $(180^\circ, 0)$ и при $(-180^\circ, 0)$, като и двете представят една и съща точка във фазовото пространство, както ще видим по-нататък.)

При математическата идеализация, която води до диференциалните уравнения, чийто поток е изобразен на Фиг. 1.9b, ние предполагаме, че махалото е „идеално“, т.е. без загуба на енергия поради триене в точката на окачване или поради въздушно съпротивление. След като веднъж е започнало да се колебае с определена амплитуда, то запазва това колебание завинаги. Единствено гравитацията действа като възстановяваща сила: пуснато от кое да е положение между равновесните състояния, махалото пада надолу, набира скорост, след което се отклонява в обратната посока до същата височина, където отново спира за момент и после продължава колебанието си. Така че всичките тези орбити са затворени. Хетероклинната орбита съответства на движение, при което топузът, безкрайно малко смутен в своето неустойчиво горно положение, се люшва надолу, набира кинетична енергия, която впоследствие отдава обратно, когато се връща точно до стартовата си точка, и това връщане трае безкрайно дълго.

Първи връщания

Да припомним, че периодичната орбита, каквато е тази на Фиг. 1.9c, макар да има фазов портрет, подобен на хомоклинния, има друг смисъл. Първо, върху нея няма равновесни точки и второ, състоянието извършва пълна обиколка на контура за крайно време, след което тази обиколка се повтаря безкраен брой пъти. Върху хомоклинна крива състоянието се движи от точката на покой в отдалеченото минало и се връща в нея само в безкрайно далечното бъдеще, след като е изминала кривата само веднъж.

Анализът на Поанкаре започва от периодична орбита. Поради непрекъснатостта на решенията относно началните условия кривите, изхождащи от точки, които са близки до периодичната орбита, трябва да остават близо до нея за определен интервал от време. За пример да вземем точка p – не върху периодичната орбита, но достатъчно близо до нея, така че кривата на решението, минаваща през p , да не се отдалечи, преди да е завършена пълна обиколка на контура (Фиг. 1.10). Какво е поведението на тази орбита? Имаме три възможности: (1) кривата през p може да бъде затворена, както е на фигура 1.10a, така че тя завинаги запазва разстоянието си от периодичната орбита; (2) тя може спираловидно да се приближава към или (3) да се отдалечава от дадената периодична орбита, както е на Фиг. 1.10b и 1.10c. В случая на приближаване на орбитата през p са нужни безкрайно много обиколки, за да може действително да стигне до периодичната орбита, и по подобен начин на отдалечаващата се орбита ще са нужни безкрайно много обиколки „в миналото“.

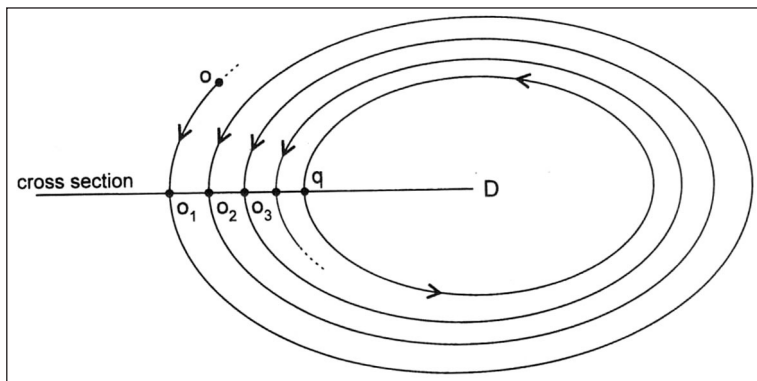
Това наистина са единствените възможности. Различно поведение би могло да възникне или ако кривата през p пресича себе си или други криви на решението, или ако прекалено бързо напуска околността на затворената крива. Но първата възмож-

ност нарушава свойството единственост, а втората противоречи на непрекъснатостта на решенията относно началните условия. Ако едно решение започва достатъчно близо до затворената орбита, то трябва да направи поне няколко обиколки в същата околност.

Поанкаре намира по-прост начин за разглеждане на такива орбити. Той прокарва *напречно сечение* D през всяка точка от периодичната орбита, така че D да не съдържа никакви равновесни състояния; това е показано на Фиг. 1.11. Тук D е *напречна линия* към периодичната орбита и към близките до нея криви. „Напречна” означава, че тя точно пресича кривите на решението и не се плъзга допирателно към тях. Да вземем точката q върху напречното сечение, в която затворената траектория го пресича, и да проследим орбитата в посоката, зададена от стрелата на растящото време. Естествено е, че по-нататък отново попадаме в същата точка q върху напречното сечение. Продължавайки да обикаляме по периодичната орбита, ние отново срещаме сечението D . Срещата става отново в q . Повтаряйки процеса, ние винаги попадаме в същата точка q на напречното сечение D .

Какво става, ако започнем нашата обиколка от точка, която е вън от затворена крива, да речем o ? Отначало се натъкваме на напречното сечение в o_1 , втори път в o_2 , трети път в o_3 и т.н., като с всяка обиколка се приближаваме към (или се отдалечаваме от) периодичната орбита. Поанкаре се убеждава, че е по-лесно да се изучават такива поредици от точки вместо цялата крива на решението. Аналогията става ясна. Ако подреждането на точките $o_1, o_2, o_3, \dots$ върху сечението D е насочена към периодичната орбита, както е на Фиг. 1.11, тогава поведението на спираловидните орбити е като това на Фиг. 1.10b и обратното.

Поведението на орбитите, връщащи се към сечението, се описва от т.нар. *изображение на Поанкаре* или *изображение на първото връщане*. Това е функция, която на всяка точка в D съпоставя нейния единствен образ или итерация – точката, в която решението се връща следващия път. Ако означим функцията с F , то първата итерация на F в точката o_1 може да се запише като $F(o_1) = o_2$, втората – като $F(F(o_1)) = F(o_2) = o_3$ и т.н. Тогава изображението може да се разглежда като вход–изход: ако е известно сегашното положение o_n , то предсказва следващата среща $F(o_n) = o_{n+1}$ с пресечната равнина. Всяка итерация означава още една обиколка по траекторията. Безкрайната съвкуп-



Фиг. 1.11. Изображение на първото връщане

ност $(o_1, o_2, o_3, \dots)$ от всички итерации на F в o_1 се нарича *орбита* на изображението на Поанкаре през o_1 .

Нека да разгледаме по-подробно това важно изображение. Преди всичко да отбележим, че двумерната задача за описване на структурата на кривите в равнина е сведена до едномерна задача – изучаването на точки, изобразени върху линия. Точката q върху периодичната орбита става неподвижна точка за изобразяването на първото връщане. В действителност подобно положение изглежда само на пръв поглед *дискретно*, т.е. като съставено от точки, а не като непрекъснати линии). Ако вземем точка r_1 , близка до o , получаваме друга поредица от изобразяващи точки $r_1, r_2, r_3, \dots$, която клони към q . Съвкупността от итерациите на всички точки върху отсечката, съединяваща r и o , се обединява, за да се превърне множеството от точки върху сечението D в непрекъснатата отсечка. По такъв начин геометричното изучаване на изображението на първото връщане на пръв поглед напомня изучаването на кривите, изобразяващи решенията на основното диференциално уравнение. Всяко множество от точки, образуващи гладка крива, изобразена посредством F сама върху себе си, се нарича *инвариантна крива*. Показаните по-рано криви на решението са примери за инвариантни криви. Ако вземем произволна съвкупност от начални условия върху такава крива и проследим решенията, преминаващи през тези точки до техните образи посредством итерацията F , то ще останем върху кривата.

Има обаче голяма разлика между кривите, описващи решенията на диференциалните уравнения, и инвариантните криви, получени от изображенията на първото връщане. Както видяхме, кривите на решенията на диференциалните уравнения не могат взаимно да се пресичат поради свойството им единственост (в противен случай точката на тяхното пресичане би имала два възможни варианта на бъдещето и на миналото подобно на кривите r_{-1}, r_o, r_1 и s_{-1}, s_o, s_1 на Фиг. 1.2). Орбитите на изображенията обаче са поредици от точки, подобни на онези, преминаващи по сечението на Фиг. 1.11, така че това наблюдение не е валидно за инвариантните криви на първото връщане. Те наистина могат взаимно да се пресичат.

Изображенията на Поанкаре могат да се дефинират също във фазови пространства с по-висока размерност. За кривите, дефиниращи решенията на диференциално уравнение в тримерно пространство, напречното сечение е двумерно и съответното изображение на първото връщане също има две измерения. Изображението на Поанкаре винаги понижава размерността на фазовото пространство с единица.

Кратко за хаоса

Следните няколко раздела показват как въведените по-горе многообразия помагат да се разбере структурата на фазовото пространство. Самият Поанкаре е употребил много години, докато стигне до представата за *хаоса*, изобразена на Фиг. 1.14. Преплитаните се криви на тази фигура представят решенията на диференциалните уравнения, приближаващи се към частното периодично решение (p) в бъдещето (S) и в миналото (U). Техните пресечни точки отговарят на решения, които са заловени както в далеч-

ното минало, така и в далечното бъдеще, но между тях могат да изпълняват „хаотичен“ танц. На Фиг. 1.14а двете безкрайни редици q_n и r_n са т.нар. *първични хомоклини орбити*, съответстващи на смутено движение на махалото, което прави единична обиколка, преди да се върне в неустойчивото горно положение. На Фиг. 1.12b са показани т. нар. *вторични хомоклини орбити*, съответстващи на двойно завъртане на махалото, преди то да се завърне в равновесното положение.

Преплитането на хомоклините орбити е първата математическа демонстрация на явлението, което сега наричаме *хаос*.

Кутията на Пандора

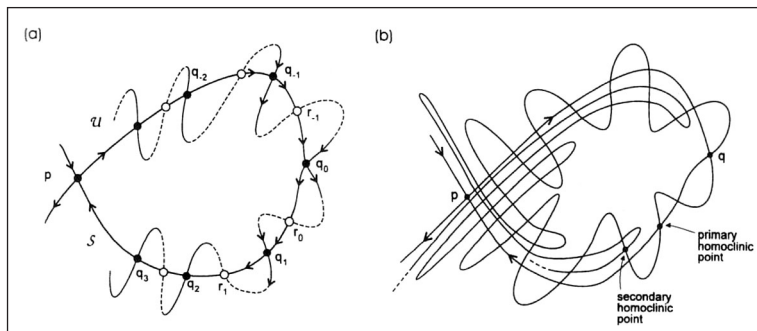
На Поанкаре му е нужно известно време, за да възприеме идеята за хомоклинното преплитане. Но той не може да приеме идеята за хаоса. Подобно понятие противоречи на цялата философия на неговата епоха. Как да обясни на своите съвременници, че детерминизмът на диференциалните уравнения не винаги означава точно предсказание? Че решенията могат да се окажат извънредно чувствителни спрямо началните условия? Кой би приел това? Как да убеди научната общност, че за големи интервали от време гравитационното движение на само три небесни тела може да бъде така непредсказуемо, както непредсказуемо е метеорологичното време? Такъв извод противоречи на възгледите на неговото съвремие и едва ли би бил приет. Възможно е самият Поанкаре да не е разбирал напълно последствията от неговите резултати. Като зрял и утвърден изследовател той самият няма желание да отвори тази кутия на Пандора. Собствените му философски схващания не му позволяват да продължи по-нататък.

В последния том на *Les méthodes nouvelles*, отпечатан през 1899 г., Поанкаре не скицира описаното по-горе хомоклинно преплитане. Той само отбелязва в края на книгата, че тази картина е твърде сложна и добавя, че от нея проличава колко трудни са повечето проблеми на динамиката.

Грешката на Поанкаре

Факти, открити в последно време, показват, че зад описаните дотук събития се съдържат редица любопитни подробности.

В писмо до Митаг-Лефлер от юли 1887 г. Поанкаре пише във връзка с обявения конкурс, че е доказал строго устойчивостта за ограничения проблем на трите тела.



Не е ясно за каква устойчивост става дума. При все това членът на журито Вайерщрас е категоричен: „Въпросният мемоар заслужава наградата... Неговото публикуване ще отвори нова ера в историята на небесната механика”.

Но къде е публикуван резултатът за устойчивостта? Наградата е присъдена през януари 1889 г., а отпечатването на труда е дълъг процес, който включва и рецензията на редактора в *Acta Mathematica*, Е. Фрагмён. Последният поставя въпроси за доизясняване. И когато Поанкаре се запознава с тези въпроси, той изведнъж осъзнава (ноември 1889 г.), че е допуснал много по-сериозна грешка в друга част на статията, поради което пише на Митаг-Лефлер веднага да спре отпечатването.

За каква грешка става дума? Да си спомним как стабилното и нестабилното многообразие на седловинната точка на махалото се разцепват, когато то е подложено на периодични смущения. Поанкаре заключава, че смутените криви трябва точно да съвпадат. Ако е така, съответната двумерна инвариантна повърхност за потока ще затвори решенията подобно на сепаратрисата в случая на несмутено махало. Обаче Поанкаре не признава възможността за пресичане на тези криви и за съответното му явление на хаотично движение. Поради това той прави грешния извод за устойчивост.

По-късно (януари 1900 г.) Поанкаре дава в *Acta* своя поправен ръкопис и там в увода благодари на Фрагмён. Но не изяснява смисъла на своята грешка. А наградата е получена за предишната статия, съдържаща грешката.

Какво значи „предишната статия”? Къде е отпечатана тя? През 1985 г. американският учен Ричард Макгий, от университета на Минесота открива в шведския математически институт „Митаг-Лефлер” прашасали папки, в които между другите печатни материали бил том 13 на *Acta*. Този том съдържал оригиналната – наградената – статия на Поанкаре. Оказало се, че след писмото на Поанкаре от ноември 1889 г. Митаг-Лефлер спрял отпечатания брой, наредил той да бъде унищожен, а на негово място да отпечатат нов брой с коригираната статия на Поанкаре.

Самият Поанкаре не е имал пръст в това действие. А мотивът на Митаг-Лефлер вероятно е бил да не позволи да падне сянка на съмнение върху безспорните научни приноси, съдържащи се в наградения труд на Поанкаре.

Ето какво пише по този повод Форест Мултън, съвременник на Поанкаре, професор в Чикагския университет и известен специалист по небесна механика (1912 г.):

„Въпреки тази злощастна грешка не съществува и най-малко съмнение, че... наградата е правилно присъдена. Ако бъдат изключени всички части, свързани с грешката, мемоарът запазва качествата си на оригиналност, многобройни нови резултати и широта на разкритата нова област, каквито трудно могат да се срещнат. Малцина са хората даже с най-висока репутация, които да са създали през целия си живот толкова ново и ценно знание, колкото се съдържа в предложената от Поанкаре оригинална студия“.

Макар че след своя велик трактат Поанкаре продължава да се връща към пробле-

ми на небесната механика и динамика, интересите му по-късно се насочват в други области на изследване. В частност той написва прекрасните си книги за природата на математическото творчество и за философията на познанието⁵. Избирането му през 1908 г. във Френската академия фактически е било основано върху литературните качества на този негов популярен труд.

Превод със съкращения: **М. Бушев**
(Florin Diacu and Philip Holmes.

CELESTIAL ENCOUNTERS – *The Origins of Chaos and Stability*.
Princeton Univ.Press. Princeton, New Jersey, 1996)

Бележки

1. Маркиза дьо Ментенон (Франсоаз д'Обине, 1635–1719) – втората съпруга на френския крал Луи XIV. Макар никога да не е имала призната кралска титла, благодарение на способностите си тя е имала огромно влияние в кралския двор. – *Бел. прев.*
2. Тези две изречения съдържат първото обяснение на ключовите думи в названието на главата: „откритие” и „грешка”. – *Бел. прев.*
3. Върху проблема на трите тела и уравненията на динамиката. – *Бел. прев.*
4. Нови методи на небесната механика – *Бел. прев.*
5. Вж. руското издание: Анри Пуанкаре. О науке. М., Наука, 1983. – *Бел. прев.*

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

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

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

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

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

Публикуването на представените материали се определя от препоръките на рецензентите.

Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

УКАЗАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ

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

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

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

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

– да няма табулации за нов ред;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**ИЗДАВАНЕТО НА НАСТОЯЩИЯ БРОЙ ОТ СПИСАНИЕТО ПРЕЗ 2013 Г.
Е С ФИНАНСОВАТА ПОДКРЕПА НА
ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ“
ПРИ МИНИСТЕРСТВОТО НА ОБРАЗОВАНИЕТО,
МЛАДЕЖТА И НАУКАТА**

Нашиите автори:

Михаил Родкин – доктор на фмн, главен научен сътрудник от Международния институт по теория на прогнозите на земетресенията и математична геофизика на Руската академия на науките

Санто Фортунато – доцент в Департамента по биомедицинско инженерство и компютърни науки при Университета Аалто в Еспоо, Финландия

Клаудио Кастелано – научен сътрудник в Института по комплексни системи към Националния научен съвет при Университета Сапиенца в Рим.

Джон Криге – д-р, Технологичен институт Джорджия, Атланта

Сергей Петков – проф. в Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Триест, Италия, и гост старши изследовател в Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, Кашива, Япония

Роалд Сагдеев – почетен професор, Университет в Мериленд

Надка Данкова – СОУ „Васил Левски“, Троян

Асен И. Димитров – доц., д-р, Институт за изследване на общества и знанието – БАН

Таня Драйшу – доц. д-р, Институт по електроника – БАН

Флорин Диаку – проф. д-р, Университет на Виктория, Западна Канада

Филип Холмс – проф. д-р, Принстънски университет

В кн. 3/2013 г. на “Светът на физиката” четете:

И. Тодоров – „Людвиг Болцман и вторият закон на термодинамиката“

Д. Динев – Радиоактивни снопове

Ф. Дайсън – Ролята на Чандрасекар в науката на XX в.

Л. Пономарьов – Атомната енергия и човекът

Л. Габович – Мариан Смолуховски и Брауновото движение

Б. Паскал – Несъразмерността на човека

Фл. Диаку, Ф. Холмс – Среци в небесата. Част III

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 2'2013

СЪДЪРЖАНИЕ

НАУКАТА

- Л. Б. Окун – Формулата на Айнщайн: $E_0 = mc^2$ (II част)
- М. В. Родкин – Задачата: прогнозиране на земетресенията
- С. Фортунато и К. Каstellано – Физиката наднича в избирателната урна

ФИЗИКА И МЕТАФИЗИКА

- С. Уайнбърг – Може ли науката да обясни всичко? Или каквото и да е?
- Н. Ахабабян – Академик Жулиен Грийн, абат Жорж Льометър и разширяващата се Вселена

НАУКА И ОБЩЕСТВО

- Джон Криге – Изидор Раби и раждането на ЦЕРН
- С. Петков – Как преживях земетресението на 11 март 2011 и неговите последици в IPMU

ИСТОРИЯ

- Р. Сагдеев – Спомени за учителя

ВСТЪПИТЕЛНИ ХАБИЛИТАЦИОННИ ЛЕКЦИИ

- Г. Ив. Манев – Основите и сегашното състояние на математичната физика

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

- Н. Данкова – Пътят към самите нас

КНИГОПИС

- А. И. Димитров – Лорънс М. Краус: „Вселена от Нищото“
- М. Бушев – Философията и загадките на физиката в диалози

PERSONALIA

- Приносът на доц. К. Стаменов за възхода на квантовата електроника и лазерната техника у нас

IN MEMORIAM

- проф. Никола Киров Николов (1943-2013)
- д-р Н. Копаранова (1930-2013)

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

- Т. Драйшу – XVII международна школа по квантова електроника
- Хр. Попов – „Физика: Методология на обучението“
- Втори национален конгрес по физически науки
- А. Петров – Награди на фондация „Св. св. Кирил и Методий“ за учители по физика

ИНТЕРЕСНО

- О. Йорданов – Интересни уеб страници

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

- Фл. Диаку, Ф. Холмс – Срещи в небесата. Част II

THE WORLD OF PHYSICS 2'2013

CONTENTS

SCIENCE

- L. Okun – Einstein's formula $E_0 = mc^2$ – part II..... 129
- M. B. Rodkin – The problem: earthquake forecasting 139
- S. Fortunato and C. Castellano – Physics peeks into the ballot box..... 149

PHYSICS AND METAPHYSICS

- Steven Weinberg – Can Science Explain Everything? Anything? 154
- N. Ahababjan – Academician Julian Green, abbot Georges Lemaitre and the expanding Universe 167

SCIENCE AND SOCIETY

- J. Krige – Isidor I. Rabi and the Birth of CERN..... 174
- S. Petcov – Experiencing the 2011 March 11 Earthquake and its Aftermath at IPMU..... 184

HISTORY

- R. Sagdeev – Reminiscences of the teacher 190

INTRODUCTIONAL ACADEMIC LECTURES

- G. Maneff – Foundations and present status of mathematical physics..... 199

PHYSICS AND EDUCATION

- N. Dankova – The road towards ourselves 210

BIBLIOGRAPHY

- A. I. Dimitrov – Lawrence M. Krauss: „A Universe from Nothing“ 215
- M. Bushev – Philosophy and the mysteries of physics..... 220

PERSONALIA

- The contribution of assoc. prof. K. Stamenov to the advance of quantum electronics and of laser technology in Bulgaria..... 223

IN MEMORIAM

- Prof. Nikola Kirov Nikolov (1943-2013) 225
- Dr. N. Koparanova (1930-2013) 226

UNION LIFE

- T. Dreshuh – XVII international school on quantum electronics ... 227
- H. Popov – Physics: methodology of teaching 231
- Second national congress on physical sciences 232
- A. Petrov – St. Cyril and Methodius prizes for physics teachers..... 234

INTERESTING

- O. Yordanov – Interesting web-pages..... 235

SERIAL

- Fl. Diacu and Ph. Holmes – Celestial encounters – Part II..... 239

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

ТОМ XXXVI, кн. 2, 2013 г.

Издание на Съюза на физиците в България

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

(със спомоществателството на Българска академия на науките)

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

EDITORIAL STAFF

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Нъшан Ахабабян

<nashan.ahababian@gmail.com>

EDITOR-IN-CHIEF

Nashan Ahababjan

ЗАМЕСТНИК ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Михаил Бушев

<m_bushev@abv.bg>

Олег Йорданов

<oleg.yordanov@gmail.com>

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Michael Bushev

Oleg Yordanov

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Милен Замфиров

<worldofphysics@abv.bg>

EXECUTIVE SECRETARY

Milen Zamfirov

ЧЛЕНОВЕ

Валери Голев

<valgol@phys.uni-sofia.bg>

Георги Граховски

<grah@inrne.bas.bg>

Людмил Вацкичев

<Lyuvats@phys.uni-sofia.bg>

Никола Балабанов

<balabanov_n@abv.bg>

Светослав Рашев

<rashev@issp.bas.bg>

Ганка Камишева

<gkamish@issp.bas.bg>

MEMBERS

Valeri Golev

Georgi Grahovski

Liudmil Vatzkitchev

Nicola Balabanov

Svetoslav Rashev

Ganka Kamisheva

ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР

Снежана Йорданова

<upb@phys.uni-sofia.bg>

TECHNICAL SECRETARY

Snejana Iordanova

ВОДЕЩ БРОЯ: О. Йорданов

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

1164 София,

Бул. Джеймс Баучер № 5

☎ 862 76 60

e-mail: worldofphysics@abv.bg

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,

1164 Sofia

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева

Дадена за печат на 17 юни 2013 г.

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

бул. Цариградско шосе 72

ISSN: 0861-4210