

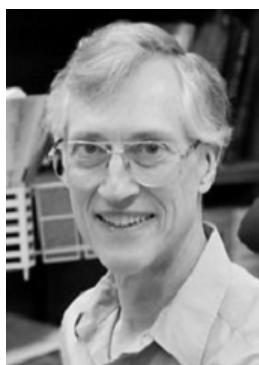
РЕЛИКТОВОТО ИЗЛЪЧВАНЕ (НОБЕЛОВА НАГРАДА ПО ФИЗИКА 2006)

Хр. Protoхристов

На 3 октомври 2006 г. експертната комисия към Шведската Кралска академия на науките оповести новите лауреати на Нобеловата награда по физика. Те са двама американски учени – Джон Мадър (р. 1946 г.), старши изследовател по астрофизика в Космическия център на НАСА „Годард“, Грийнбелт, Мериленд, и Джордж Смут (р. 1945 г.) – професор в Калифорнийския университет, Бъркли, Калифорния. Двамата астрофизици разделят поравно наградата за „откритието на формата на реликтовото излъчване и за неговата анизотропия“.

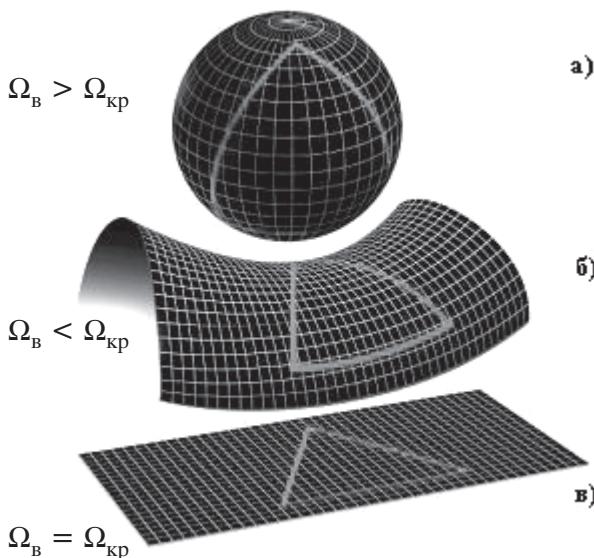
Присъждането на Нобеловите награди е придружено обикновено от виковопарни изказвания и коментари, величащи постиженията на лауреатите с изрази като откриване на нови хоризонти, нови епохи, дори светове. Такива, щедро раздавани хвалебствия не променят с нищо значението на големите научни постижения – те могат единствено да предизвикат слизходителни усмивки в кръга на специалистите. Научните открития в областта на астрофизиката, получили тази година най-висока оценка, обаче, заслужават напълно горните епитети. Те отварят път към разгадаване на най-съкровените тайни на Вселената, рисуват картина на Космоса в неговата младенческа възраст, когато невидимата материя е започнала да се структурира, за да достигне сегашното сияещо многообразие от галактики, мъглявини, слънца и планети, пръснати в безкрай на пространството. С други думи, откритията засягат фундаментални проблеми на космологията – науката за произхода и еволюцията на Вселената.

Нобеловата награда по физика за 2006 г. се дава на Джон Мадър и Джордж Смут за тяхното откритие на основната форма на космическото микровълново фоново излъчване и на неговите малки вариации в различни посоки. Детайлните наблюдения, проведени от лауреатите с помощта на спътника COBE, изиграха важна роля за превръщането на модерната космология в точна наука. От това кратко



Фиг.1. Лауреатите на Нобеловата премия по физика за 2005 г. Джордж Смут (а) и Джон Мадър (б).

обобщение на постиженията, дадено за медиите от Нобеловия комитет, е трудно да се разбере тяхното значение за науката. То се изразява в новите експериметални данни, потвърждаващи теорията за Големия взрив, който се приема за начало на Вселената в съвременната космология [1]. Нобеловите лауреати Джон Мадър и Джордж Смут (**Фиг.1**) са водещи изследователи в два важни експеримента. Преди всичко обаче, решаващо значение за успеха има съвършенството и прецизността на използваната техника. Спътникът COBE (COsmic Background Explorer – изследовател на космичното фоново излъчване) и неговите три измервателни прибора: DMR (Differential Micro-wave Radiometer – диференциален микровълнов радиометър), FIRAS (Far InfraRed Absolute Spectrometer – спектрометър за далечно инфрачервения диапазон) и DIRBE (Diffuse InfraRed Background Experiment – експеримент за изследване на дифузното инфрачервено фоново излъчване) са уникални прибори с рекордни параметри. Както при повечето съвременни експерименти, не е лесно да се вникне в същността на измерванията и особено в тяхната научна обосновка. За целта е необходимо да се представи накратко развитието на космологията, и по специално на теорията за Големия взрив.



Фиг. 2. Плътността на материята определя три възможни форми (геометрии) на Вселената:
а) с положително изкривяване (елиптична) – затворена с краен обем; б) с отрицателно изкривяване (хиперболична) – отворена с безкраен обем; в) без изкривяване (евклидова) – безкрайна.

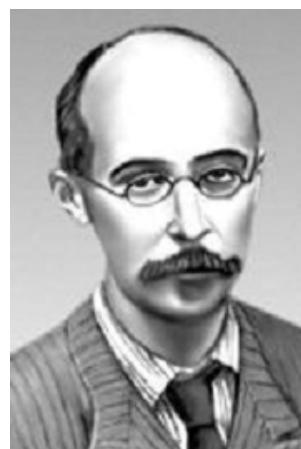
ропно (еднакво във всички посоки) разпределение, са възможни три форми на Вселената, показани на **Фиг. 2**. При положително изкривяване на прост-

ранството се получава сферична повърхност – Вселената е затворена и има краен обем. Отрицателното „седловинно“ изкривяване води до отворена Вселена с безкраен обем. В третия случай липсва изкривяване – пространството е плоско и безкрайно – т. нар. Евклидова Вселена. На Фиг.2 Вселената е представена чрез упростени двумерни изображения. В действителност, пространството на ОТО, т. нар. Пространство – време, е четиримерно, с три пространствени и една времева координата. Предположенията за различни видове Вселени, водят до фундаменталния въпрос, каква е действителната форма на нашата Вселена?

Този въпрос се решава от плътността на материята, която играе централна роля в космологията. Формата или геометрията на Вселената зависи от определена критична плътност. Ако плътността е по-висока от критичната, Вселената е затворена и крайна, обратно при по-малка плътност от критичната, тя е отворена и безкрайна. Когато плътността е равно на критичната имаме „плоска“ Евклидова Вселена. Критична плътност е изключително малка величина – масата на 6 водородни атома / m^3 . Така действителната плътност на материята ще определи и формата на Вселената. Известната засега стойност е около критичната.

Вторият важен въпрос е свързан с динамиката на материята във Вселената. Макар ОТО да не допуска статично решение (т.е. Вселената трябва да е в постоянно движение – или да се разширява, или да се свива), самият Айнщайн въвежда една неизвестна сила, т. нар. космологична константа, която компенсира гравитацията и осигурирява „стабилност“ на света – както той покъсно казва, най-голямата грешка в професионалната му кариера. Наистина, в далечната 1916 г., само нашата Галактика – Млечният път е достъпна за наблюдение и се приема за Вселена – крайна и стационарна. Вселената на Айнщайн е стационарна и се намира в равновесно състояние, има положително изкривяване и е затворена и крайна.

Интересно е да се отбележи, че последните експериментални данни, съчетани с релативистки теоретични интерпретации, говорят в полза на „грешката“ на Айнщайн. Според един актуален модел, Вселената се състои от 4 % нормално вещества (атоми), 22 % тъмна материя, която не излъчва и не погълща светлина, и е установена индиректно чрез нейното гравитационно действие, и 74% „тъмна енергия“, която компенсира гравитацията, какъвто е случаят с космологичната константа. Предполага се, че



Фиг. 3. Александър Фридман (1888-1925) предлага през 1922 г. теория за нестационарна Вселена, която се разширява и свива периодично.

„тъмната енергия“ е отговорна за съвременното ускорено разширение на Вселената.

Още през 1922 г., руският математик и геофизик Александър Александрович Фридман (**Фиг.3**) създава, въз основа на ОТО, теория за нестационарна Вселена [3]. В модела на Фридман, Вселената се разширява и свива периодично. Следствие от това движение е т. нар. червено отместване (отместване на спектралните линии към червения край на спектъра), което се дължи на ефекта на Доплер, и е пропорционално на разстоянието.

Поради изолацията на Съветска Русия през двадесетте години, работите на Фридман остават задълго непознати на Запад. Те са преоткрити едва през 60-те години на миналия век.

Big Bang – Големия взрив

Теорията за произхода на Вселената от мощна експлозия на един „първичен атом“ е предложена през 1927 г. от белгийския духовник и учен абат Жорж Льометр (1894-1966).

Льометр получава солидна подготовка по математика, физика и астрономия в университета на Кеймбридж. Работи съвместно със сър Артър Едингтън, директор на астрономическата обсерватория и инициатор на проверката на ОТО по време на Сълнчевото затъмнение през 1919 г. Едингтън насочва Льометр към проблемите на модерната космология, където последният ще използва отличното владеене на математическия апарат на ОТО. Изследванията на Льометр са инициирани от странно червено сияние, наблюдавано около обекти извън нашата Галактика. В статията „Хомогенна Вселена с постоянна маса и нарастващ радиус, отговорна за радиалната скорост на извънгалактични мъглявини“ [4], той обосновава идеята за разширяваща се Вселена, която се ражда от начална сингуларност, от т. нар. „първичен“ атом. Това начало Льометър описва, като „космическо яйце, което експлодира в момента на Сътворението“. Английският астроном и привърженик на стационарната Вселена Фред Хайл иронизира библейската символика на Льометър с подигравателното название Биг Бенг (Big Bang – Голям взрив, анг.), което обаче става много популярно и се утвърждава като понятие. Следствие от Големия взрив е разширението (инфлация) на Вселената. Тъй като всички обекти в инфлиращата Вселена се „разбягват“, то тяхното излъчване ще бъде отместено към червения край на спектъра. За случая, Льометър прави пресмятания на червеното отместване. Благоприятно стечание на обстоятелствата дава силен тласък на теорията. През 1929 г., американският астроном Едуин Хъбъл успява да определи разстоянието до отдалечени галактики, като използва разположени в тях цефеиди (променливи звезди с известни периоди). От червеното отместване на техния спектър той установява линейна зависимост между скоростите на раздалечаване и разстоянието (закон на

Хъбъл), с което потвърждава изводите на Льометр и представя първото важно доказателство в полза на разширяващата се Вселена.

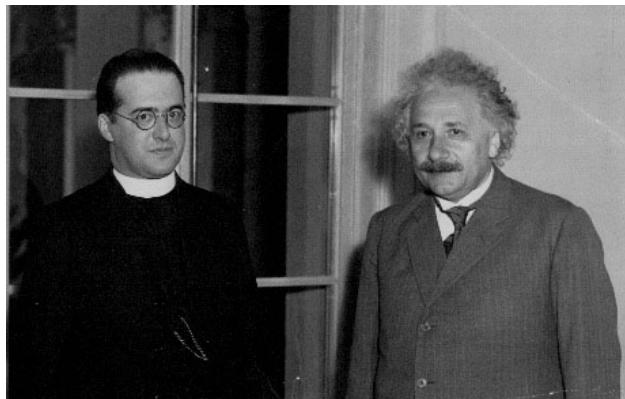
Отначало Айнщайн не е съгласен с идеята за Големия взрив, но по-късно окуражава Льометр да се занимае с разработката на неизотропен модел на разширяваща се Вселена. През 1933 г. двамата учени (**Фиг. 4**) изнасят цикъл от лекции в САЩ. На една от лекциите, Айнщайн е възхитен от прецизността на теорията и аплодира Льометр с думите: „Това е най-красивото и задоволително обяснение на Сътворението, което някога съм чувал“. Още тогава Айнщайн обръща внимание на предположението на абата, че космичните лъчи са остатък (реликт – лат.) от Големия взрив. Експериментите на Миликен обаче не потвърждават предположението.

През 1960 г. Льометр е избран за президент на Папската академия на науките; работи като професор в католическия университет на Льовен, а в изследователската си работа използва модерна изчислителна техника, включително най-мощните за времето компютри. Малко преди смъртта си научава за откриването на реликтовото излъчване.

Излъчване на младата Вселена

Теорията на Големия взрив предполага висока плътност на материята и енергията в ранния стадий на разширението. Условията наподобяват избухване на супернова, но в далеч по-грандиозни мащаби. В ограничения начален обем противчат сложни процеси на трансформация на лъчиста енергия в материя и обратно, и на постепенна кондензация на материята. С младенческото развитие на Вселената се занимава талантливия физик-теоретик Джордж (Георгий) Гамов (**Фиг. 5**), който емигрира през 1934 г. в САЩ [5].

Гамов и неговите сътрудници разглеждат мла-



Фиг. 4. Абат Жорж-Анри Льометр и Алберт Айнщайн.



Фиг. 5. Джордж (Георгий) Гамов създава през 1946 г. теорията за Горещата Вселена и предсказва съществуването на РИ.

дата Вселена като съставена от еднородно и силно нагрято вещества – своеобразна първична плазма, и лъчиста енергия. Изследвайки взаимодействието на веществото и енергията в ранния стадий на разширение Гамов създава т. нар. теория на Горещата Вселена [6].

Поради високата начална плътност, елементарните частици и фотоните имат малък свободен пробег и Вселената е непрозрачна. Около 300 хиляди години след Големия взрив, обаче, значителна част от лъчистата енергия се е превърнала в материя – формират се първите атоми. В резултат на разширение и охлаждане, фотоните започват да се движат свободно – Вселената става прозрачна. В този момент, излъчването се отделя от материјата и започва да се разпостроява равномерно и изотропно в пространството. Тогава веществото има температура около 3000 °C. При по-нататъшното разширение, излъчването постепенно се охлажда и за настоящата температура Гамов получава 5-6° над абсолютната нула (действителната температура е 2,725 K). Това остатъчно или реликтово излъчване (РИ) попада в микровълновия диапазон на електромагнитния спектър. Съгласно теорията на Гамов, то трябва да изпълва цялата Вселена, да е еднородно и равномерно разпределено във всички посоки, т.е. да е изотропно. Има основания да се предположи, че теорията за горещата Вселена е стимулирана до известна степен от експериментите с ядрени оръжия, където в малък мащаб протича аналогичен процес на бързо разширяване, придружен от силно светлинно излъчване, чиято интензивност се модулира от променящата се прозрачност на плазменото кълбо.

Микровълновият диапазон на електромагнитния спектър (приблизителни дължини на вълната 3÷30 см) се използва в радарната техника през Втората световна война. На тази основа по-късно се развива радиоастрономията. Микровълновата техника навлиза бързо и в телекомуникациите. За обмен на информация с първите изкуствени спътници се разработват мощни предаватели с насочено излъчване и свръхчувствителни приемници, снабдени с нискошумови усилватели, охлаждани до много ниски температури. През 1964 г. фирма „Бел Телефон Лабораториз“ разполага с уникална микровълнова апаратура, използвана за връзка със спътника „Ехо“, която предоставя на инженерите Арно Пензиас и Робърт Уилсън за радиоастрономически изследвания. Освен полезните сигнали, огромното „ухо“ долавя странен шум, идващ от всички посоки. Двамата експерти анализират шума, който смущава разработвания от тях приемник. За щастие, наблизо е университетът Принстън, където учени, под ръководството на Робърт Дике, провеждат експеримент за търсене на реликтово излъчване. Те узнат за проблемите на двамата изследователи и веднага разбират, че е открито РИ – далечното ехо от Големия взрив. В поредица от статии Пензиас и Уилсън представят прецизен анализ на своите наблюдения, а учените от Принстън дават космологичната интерпретация. Откритие-

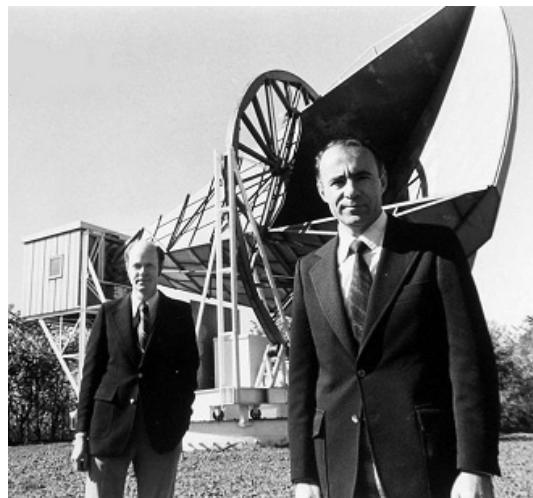
то на РИ е второто важно доказателство в полза на разширяваща се и, в началото, гореща Вселена. За съжаление, Гамов не доживява триумфа на своята теория, но през 1978 г., щастливите откриватели Пензиас и Уилсън (**Фиг.6**) са удостоени Нобеловата премия по физика [7, 8].

Особености на реликтовото излъчване

Откритието на РИ стимулира през следващите години нови, по-прецисни наблюдения, които имат за цел да се изяснят неговите характеристики.

В началния етап Вселената е ограничена в малък обем; тя има изключително висока плътност и е гореща. Гамов смята, че тази своеобразен бульон от лъчиста енергия и елементарни частици се намира в термодинамично равновесие, следователно спектралното разпределение на излъчването трябва да съответства на спектъра на абсолютно черно тяло със същата температура. През продължителния период на разширение, Вселената се е охлаждала постепенно, докато днешната стойност от около 3 °К. Така РИ съответства на излъчването на абсолютно черно тяло с тази температура, като спектралното разпределение обхваща диапазона с дължини на вълната от 3 mm до 50 см.

Въз основа на една еднородна и изотропна Вселена, съгласно стандартния космологичен модел, обаче, не може да бъде обяснен произходът и еволюцията на нееднородни структури. За обяснение на възникването на Галактиките са предложени различни хипотези: ентропийна, предполагаща локални разлики в отношението на броя на барионите към броя на фотоните, турбулентна, основаваща се на вихрови движения във фотонната плазма и адиабатна. Последната, разработена от акад. Я.Б. Зелдович, един от създателите на съветското ядрено оръжие, предполага възникване на смущения в фотонната плазма в ранните етапи на разширението. Около 300 хиляди години след Големия взрив, Вселената е изпълнена с високотемпературна плазма, в която периодично възникват и се разпостраняват акустични инфразвукови вълни. Тези вълни водят до колебания в плътността на лъчене на плазмата, кои-



Фиг. 6. През 1964-1965 г. Арно Пензиас

(отдясно) и Робърт Уилсън (отляво)

откриват микровълново фоново излъчване, което е предсказаното от теорията РИ. На заден план – микровълновата приемателна станция, с голям рогова антена, на „Бел Телефон Лабораториз“ в Мъри Хил, Ню Джърси.

то се усилват след рекомбинация на водорода от първичната плазма. Възникват области с гравитационна неустойчивост, където се образуват нееднородности с маси $10^{13} - 10^{14}$ слънчеви маси, съответстващи на масите на купове от галактики. Зародишите на такива структури обаче би следвало да оставят някакъв характерен отпечатък върху картина на РИ. В почти хомогеното РИ трябва да са се запазили известни малки температурни вариации, които са от порядъка на 0,00003 К.

Наблюденията потвърдиха напълно горните теоретични изводи. Поразителната изотропност на РИ и измерения спектър, съответстващ на абсолютно черно тяло с температура около 3° К (предполагаема начална температура около 3000°) показват, че РИ произхожда от един и същ равномерно нагрят обект, т.е. в ранния стадий на развитие на Вселената всички нейни области са били в пряк контакт и разширението е започнало с Големия взрив.

Реликово излъчване в открития Космос

Значителен прогрес в изследването на РИ бе отбелаязан с извеждането в орбита на специализирани изследователски спътници. Макар земната атмосфера да има „прозорец“ в микровълновия диапазон, наблюдените без „атмосферен „фильтър“ от високата атмосфера или от спътник показват редица предимства. Известна ъгловокорелационна зависимост на РИ беше установена през 1977 г. при наблюдения от високо летящи самолети и потвърдена по-късно в експерименти на стратосферни балони. Бързото развитие на космическата техника позволи както в СССР, така и в САЩ да бъдат започнати съответни експерименти за изследване на РИ: „Реликт-1“ на спътника „Прогноз 9“ (7.1983 – 2.1984 г.) и три експеримента в различни диапазони на електромагнитния спектър на спътника СОВЕ (Експлорър 66), изведен в орбита на 18 ноември 1989 г. Планираното по-ранно пускане на СОВЕ, с помощта на „совалка“, се забави значително поради трагичната катастрофа на „Челинджър“ през 1986 г.

Началните резултати от измерванията със спътници потвърдиха изотропността на РИ. Следващ, по-прецизен анализ на данните от „Реликт-1“, проведен през 1991 г., разкри анизотропия в РИ, за което бе съобщено през януари 1992 г. Аналогично съобщение бе направено през април същата година от Джордж Смут. Разликата в качеството на данните („Реликт“ работи само на една честота, докато радиометърът на СОВЕ регистрира широк диапазон от честоти) позволи на американските учени да изяснят бързо природата на анизотропията, докато съветските данни се нуждаеха от допълнителна проверка. Поради разпадането на СССР, следващият експеримент „Реликт-2“ бе спрян и американците продължиха сами до финала.

Резултатите от измерванията и устройство на СОВЕ

Формата на спектралното разпределение на РИ е измерена със спектро-

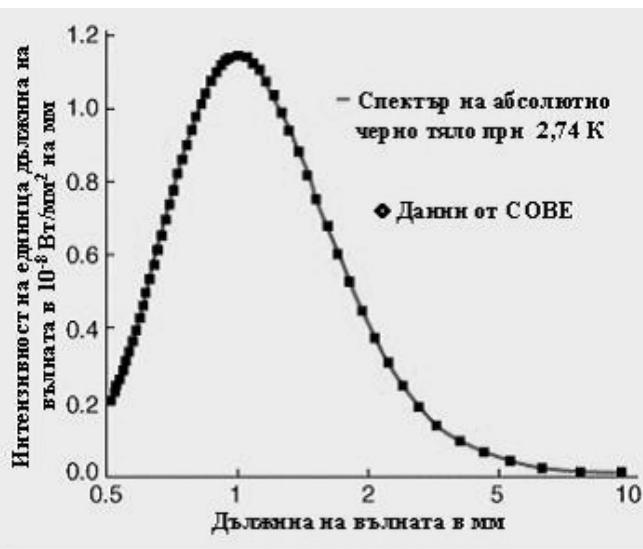
метъра FIRAS. Анализът на първоначалните данни показва пълно съвпадение на експерименталните данни с теоретичната крива на спектъра на абсолютно черно тяло с температура $2,735 \pm 0,060$ К (Фиг.7). Окончателните резултати показват температура на РИ $2,275 \pm 0,002$ К.

За регистриране на изключително малките вариации на температурата в РИ, се използва т. нар. диференциален микровълнов радиометър (DMR), който измерва с точност една 30-милионна от градуса. Резултатите показват анизотропия на РИ (Фиг. 8), т.е. още в периода на отделяне на лъчистата енергия от материята, в първичната плазма са съществували колебания на плътността, от които по-късно са възникнали нееднородните структури на Вселената, с познатите галактични купове и огромни празни пространства.

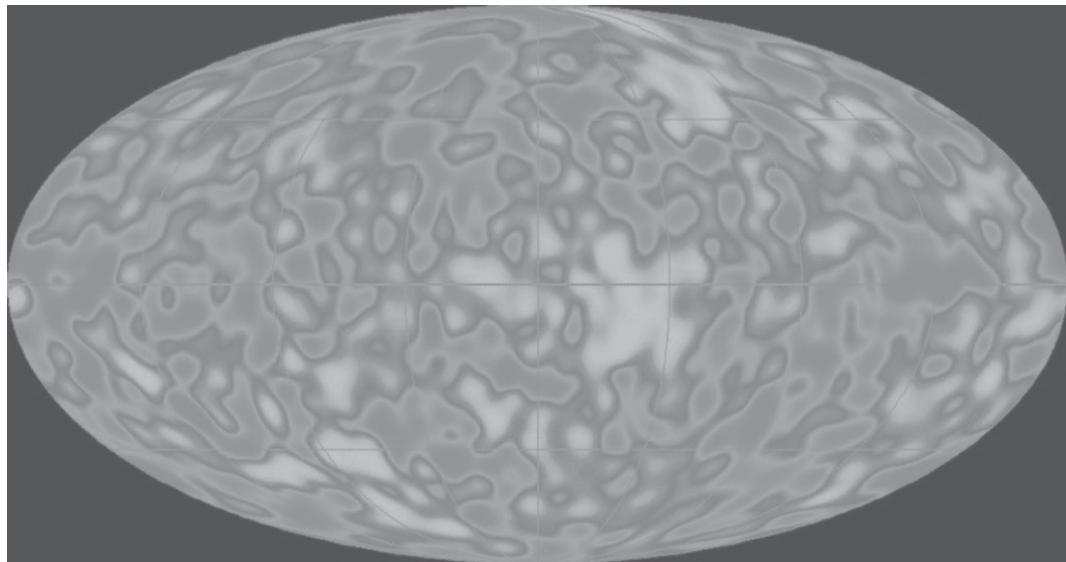
Успехът на COBE се дължи на целенасочените усилия на повече от 1000 изследователи, инженери и участници, създали свръхпрецизни методи и устройства, извършили обработката и анализа на данните и дали значителна част от интерпретацията на резултатите. По тази причина следва да разгледаме устройството и някои особености на спътника COBE и на отделните бордови прибори, които са много съществени за успеха на експеримента.

Спътникът COBE има специализирана конструкция (Фиг.9). Стандартното оборудване се състои от слънчеви батерии, система за електрозахранване и системи за натрупване на данни и телекомуникация. Приборният отсек е екраниран със щит срещу радиочестотно и топлинно излъчване от Слънцето и от Земята. За охлаждане на прибора FIRAS се използва течен хелий с температура 1,5 К, съхраняван в дюаров съд.

Орбитата на COBE е избрана така, че да се минимизира влиянието на слънчевото излъчване върху приборите. Спътникът е изведен на полярна орбита с височина около 900 км и наклон 99° спрямо Екватора, като орбитата прецесира, следвайки видимото движение на Слънцето. Собственото въртене на спътника ($0,8$ р/мин) става перпендикулярно на слънчевите лъчи. CO-

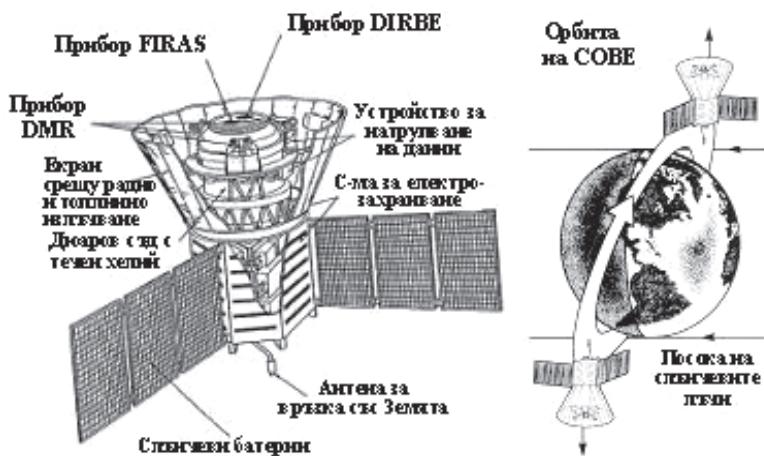


Фиг. 7. Сравнението на теоретичния спектър на излъчване на абсолютно тяло с температура 2,735 К (непрекъсната линия) и данните от COBE показва почти пълно съвпадение.



Фиг. 8. Картина на РИ, получена от първите две години на наблюдения на Вселената (микровълновото излъчване на Млечния път е извадено). Различната плътност на снимката показва температурни флукутации (анизотропия) от порядъка на 10^{-5} K.

ВЕ прави една обиколка около Земята за 103 минути, като обхваща 94° от небесната сфера. По време на годишното движение на Земята около Слънцето, спътникът извършва цялостно сканиране на небосвода за 6 месеца. Приборът FIRAS е ориентиран в посока на оста на въртене на спътника, докато DIRBE и DMR имат широк обхват и могат да наблюдават половината от небесната сфера при всяка обиколка около Земята.



Фиг. 9. Изследователският спътник COBE:
а) принципна схема, б) орбита на спътника.

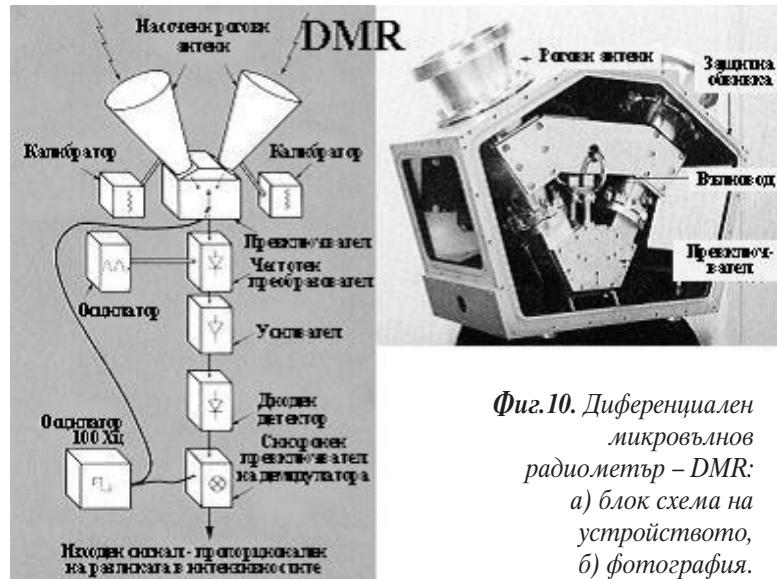
DIRBE и DMR имат широк обхват и могат да наблюдават половината от небесната сфера при всяка обиколка около Земята.

DMR (Differential Microwave Radiometer) се състои в действителност от шест почти идентични радиометъра (Фиг.10), по два за всяка от измер-

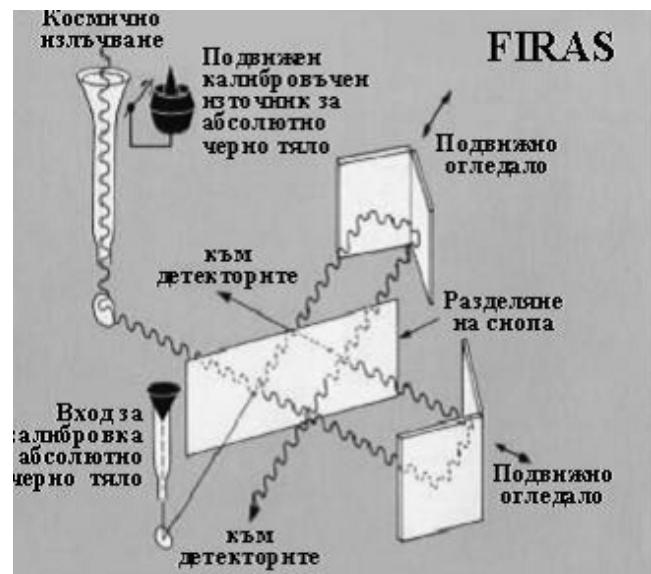
ваните три честоти на РИ. В тези избрани честотни области (31 ГХц (9,5 mm), 53 ГХц (5,7 mm) и 90 ГХц (3,3 mm), близо до максимума на РИ, последното е над хиляда пъти по-силно от галактичния фон. Използването на различни честоти позволява галактичният фон да бъде изведен, за да се получи чиста картина на РИ. Ъгловата разделителна способност на прибора е около 7° . Анизотропията на РИ е измервана в продължение на четири години, тъй като DMR не се нуждае от принудително охлаждане.

Приборът FIRAS (Far InfraRed Absolute Spectrometer) се използва за преобразование на първичните фотони на РИ (Фиг.11), като се измерва спектъра в областта от 0,2 до 95 mm дължина на вълната. Съществен нов елемент в този прибор е наличието на вътрешен калибровъчен източник за абсолютно черно тяло. Отчита се разликата в спектрите от небесната сфера и от калибровъчния източник. Интерферометърът покрива областта от 2 до 95 cm^{-1} , в две ивици, разделени при 20 cm^{-1} . Сканирането се извършва с два „прозореца“ (тесен и широк) в два режима на скоростта.

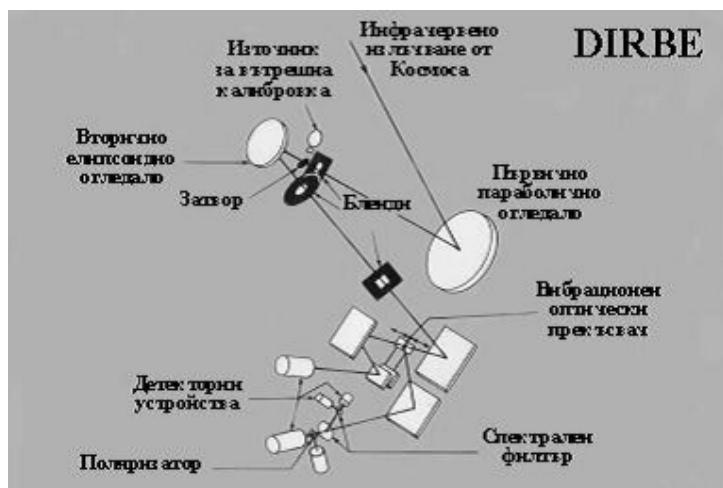
Приборът DIRBE (Dif-



Фиг.10. Диференциален микровълнов радиометър – DMR:
а) блок схема на устройството,
б) фотография.



Фиг.11. Принципна схема с хода на лъчите в абсолютният спектрометър за далечната инфрачервена област – FIRAS.



Фиг.12. Принципна схема на прибора за измерване на дифузното инфрачервено фоново излъчване.

Нobelовите лауреати са водещи учени в техните специални области, но имат също така широк поглед върху общата тематика на експеримента. Мадър е координатор на целия мащабен проект, като отговаря специално за измерването на формата на спектъра на РИ, докато Смут ръководи измерването на малките температурни вариации на РИ. Двамата не са в идеални отношения. Докато „шефът“ на проекта Мадър, смята, че успехът и славата на мисията, следва да се сподели с всички участници, Смут се представя в публичното пространство като „главен откривател“. Преди официалното оповестяване на резултатите на COBE, той се свързва с представители на пресата и подготвя издаването на научно-популярна книга, която му носи успех и значителни приходи. По-късно Матер публикува „Истинската история на COBE“, в която критикува поведението на Смут. Това обаче не е забелязано от широката публика и Смут остава медийната звезда. Nobelовата премия може да изглади противоречията, които обаче с нищо не намаляват заслугите на двамата учени.

Ценните данни, получени от COBE, дадоха основание за започване на ново по-прецисно изследване на РИ. На 30 юни 2001 г., НАСА изведе в орбита спътника WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) [9], който изследва пространственото разпределение и големината на нехомогенностите – своеобразни зародиши на галактики, а също така степента на поляризация на РИ от тези области. Измерванията на WMAP, с ъглова разделителна способност 1° , потвърдиха напълно и прецизираха резултатите от COBE и дадоха информация, позволяваща да се направят по-общи изводи за космологията. За първи път са получени количествени данни, които показват, че Вселената има по-скоро „плоска“ геометрия, соответстваща на античните представи на Евклид.

fuse InfraRed Background Experiment), чиято схема е показана на **фиг.12.**, се използва за измерване на РИ в инфрачервена област. Важен резултат от тези измервания е откриването на десет нови галактики, излъчващи в спектралната област от 140 до 240 микрометра. Наблюдавани са също така облаци от много студен прах с температура $17 - 22$ K.

Инерцията от Големия взрив, разширяващ пространството, изглежда се балансира с гравитацията. Така инфлационната теория получава индиректно потвърждение. След експоненциално разширение в началото, пространството, подобно на повърхността на нагънат балон, започва да се изглажда с намаляване на кривината и да еволюира до еднакво във всички посоки. Детайлни анализи определиха възрастта на Вселената на 13,7 милиарда години.

Тазгодишната Нобелова премия по физика може да се разглежда като успешен завършек на историята на модерното Сътворение. Заслужава да отбележим, че първата част от тази история бе в значителна степен разкрита от квантовата хромодинамика, чито създатели получиха Нобеловата премия по физика за 2004 г. [10]. В космологията обаче остават още много неизяснени фундаментални проблеми като сингуларността в началото на Големия взрив, тъмната материя, тъмната енергия и пр. Така и занапред астрофизиката ще запази притегателната си сила за много любопитни и способни млади изследователи.

Литература:

- [1] Cosmology and the Cosmic Microwave Background, Advanced Information on the Nobel Prize in Physics 2006, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2006/phyadv06.pdf
- [2] Einstein, A., *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativistattheorie*, Sitzungsber, Dtsch. Akad. Berlin 1917
- [3] Фридман, А.А. О кривизне пространства, Петроград 1922 г., <http://www.astronet.ru:8101/db/msg/1187035/>
- [4] G. Lemaitre, Un univers homogene de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nebuleuses extra-galactiques, Annales de la Societe scientifique de Bruxelles, XLVII (1927), p. 49-59 и The expanding universe, Monthly notices of the Royal astronomical society, 91 (1931), p. 490-501
- [5] Ахабабян, Н., Джордж Гамов doctus ludens: една необикновена жизнена траектория, Светът на физиката 29(2006) кн.1, с.30
- [6] Gamow, G., The Origin of Elements and the Separation of Galaxies, Physical Review 74 (1948), 505 и The Evolution of the Universe, Nature 162 (1948) 680
- [7] Penzias, A.A., The Origin of the Elements, Nobel Lecture, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1978/penzias-lecture.pdf
- [8] Wilson, R.W., The Cosmic Microwave Background Radiation, Nobel Lecture, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1978/wilson-lecture.pdf
- [9] WMAP Mission, New Three Year Results on the Oldest Light in the Universe, http://map.gsfc.nasa.gov/m_mm.html
- [10] Protoхристов, Хр., Нобелова награда по физика за 2004 г. – Квантова хромодинамика, Вселена наука и техника IX (2004) кн.12, с.16-20

НЕУТРИНОТО – МИНАЛО, НАСТОЯЩЕ И БЪДЕЩЕ

Херберт Пийчман

Въведение

Нека като начало да изкажа моята искрена благодарност за възможността да прочета тази възпоменателна лекция за Джордж Маркс, защото ние бяхме много близки приятели в продължение на много десетилетия. Когато говоря за физиката на неутриното, аз ще подбера онези теми от тази необятна област, към които ние и двамата изпитвахме най-силен интерес и ги дискутирахме заедно.

Именно Джордж преди известно време насочи вниманието ми към следната забавна схема в * един английски учебник по електродинамика:

И рече Бог:

$$\nabla \cdot E = \rho$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \times B = j + \frac{\partial E}{\partial t}$$

– и беше светлина!

Но тове е един твърде опростен възглед, тъй като светлината произлиза от слънцето, поне в пространството между небето и земята; а само с уравнението на Максуел, Слънцето не може да свети! Поради това е необходимо да добавим следното:

И Волфганг Паули каза:

Нека има неутрина!

И Енрико Ферми каза:

Нека те да си взаимодействват слабо!

И Слънцето започна да свети!

В действителност, когато през 1930 г. Волфганг Паули предсказа неутриното, той не се осмели да го публикува, защото се страхуваше, че никога няма да бъде открито експериментално. Той го предложи в писмо до една конференция в Тюбинген по проблемите на радиоактивността. И каза на своя приятел Валтер Бааде: „Днес направих нещо, което един физик теоретик ни-

* Лекция в памет на Джордж Маркс, изнесена в Университета в Будапеща на 19 май 2005 г.

кога не бива да прави през живота си: предсказах нещо, което никога няма да бъде открито експериментално!“¹

Валтер Бааде – астроном – очевидно е уважавал много експериментаторите, защото се хванал на бас, че то непременно ще бъде открито някой ден. И когато Райнес и Коуън обявиха откриването на неутриното през 1956 г., Паули си изпълнил баса (една каса шампанско)! Поисках да узная дали тази история е вярна и на Неутринната среща в Аахен попитах Фред Райнес (много близък приятел на Джордж и мой) за това. Той се разгневи и каза че да, вярно е, но шампанското било изпито само от теоретиците а той и Коуън не получили нито капка от него.

Но нека не прескачам толкова далеч напред.

Преди големия успех на Райнес и Коуън не беше много ясно, кой би бил най-добрят източник на неутрино. В една статия² на Ф.Г.Хаутерманс и В.Тиринг, авторите предлагат слънцето като такъв. Те оценят потока неутрино идващ от слънцето на 6×10^{10} Неутрино/ cm^2/sec . Но в забележка към коректурите, те пишат: „Поради технически причини, публикацията на тази статия беше забавена. Междувременно изглежда Ф.Райнес и К.Л.Коуън са получили сведения за абсорбция на неутрина при инверсен β -разпад.“³

Те имат предвид първата статия на Райнес и Коуън, която стана обект на критика поради малката статистика. Окончателното признание дойде едва след статията от 1956.⁴

Преди да навлезем в повече подробности, искам да дам един исторически преглед на най-важните събития в неутринната физика:

- 1930: Волфганг Паули: *Предсказване на неутриното*
- 1938: Ханс Бете: *Енергетични процеси в звездите*
- 1956: Фред Райнес и Клайд Коуън: *Откриване на неутриното*
- 1962: Ледерман, Шварц, Щайнбергер и др.: $v_e \neq v_\mu$
- 1964: Джон Бакал: *Пресмятане на слънчевия неутринен поток*
- 1967: Рей Дейвис: *Първия експеримент със слънчево неутрино ($\text{Cl} \rightarrow \text{Ar}$)*
- 1967: Бруно Понтекорво и В.Грибов: *Неутринни осцилации*
- 1975: Мартин Перл: Откриване на третото поколение (τ, v_τ)
- 1987: *Първо наблюдаване на супернова посредством неутрина*
- 1998: Супер – Камиоканде: *Първи сведения за неутринни осцилации*
- 2002: SNO & KamLAND: *Окончателно потвърждение на неутринните осцилации*

Също така е интересно да се види кой е получил Нобелова награда в неутринната физика:

1938: Е. Ферми ... НЕ за слабите взаимодействия

1945: В. Паули ... НЕ за неутринната хипотеза

1988: Л. Ледерман, М. Шварц, Дж. Щайнбергер „за метода на неутринните спонове и демонстрацията на дублетната структура на лептоните посредством откриването на мюонното неутрино.“

1995: Ф. Райнес „за откриване на неутриното.“

2002: Р. Дейвис мл. и М. Кошиба „за пионерни приноси към астрофизиката, в частност за откриване на космическото неутрино.“

Нека сега разгледаме историческия списък, за да разберем защо всяка от тези стъпки беше толкова фундаментална за времето си.

Два вида неутрино

Около 1960 г. физиците по елементарни частици бяха изправени пред труден проблем. Слабият разпад на мюона беше напълно разбран,

$$\mu^- \rightarrow e^- + \nu_{(\mu)} + \bar{\nu}_{(e)}, \quad (1)$$

където индексите на неутрината са поставени в скоби защото по това време още не беше известно, че те са различни.

Обаче смятаният за очевиден електромагнитен разпад липсваше!

$$B.R.(\mu \rightarrow e + \gamma) \leq 10^{-11} \quad (2)$$

(Стойността от уравн. 2 е най-добрата, позната днес!⁵⁾ Всяка заредена двойка частица-античастица може да бъде превърната във фотон. Понеже неутриното няма нито заряд, нито магнитен момент, за него това е невъзможно. Обаче, ако слабите взаимодействия са предизвикани от зареден междинен бозон W , може да възникне вътрешно спирачно лъчение и разпадът (2) да стане възможен, освен ако не е забранен от едно друго правило на отбор, а именно отдалечно запазване на мюонното и електронното лептонно число. В този случай, ν_e и ν_μ са различни. Значи, имаше алтернатива: Или не съществува междинен бозон W , или ν_e и ν_μ са различни!

Очевидно е, че беше особено важно да се знае, дали всички взаимодействия са от тип Юкава или има изключение, слаби взаимодействия от Ферми тип! Значи трябваше да се знае дали има два типа неутрино или не.

Главно Джилберто Бернардини беше този, който с всички сили се стремеше към осъществяване на неутринен експеримент в ЦЕРН. За да почувствува колко трудно бе това, нека си припомним някои основни факти относно неутринните реакции. Пълното сечение за разсейване на неутрино с енергия E_ν от мишена T е:

$$\sigma_{\text{tot}} (\nu + T \rightarrow X) = \text{Const.} M_T E_\nu \quad (3)$$

където

$$Const. \approx 10^{-38} \text{ cm}^2/\text{GeV}^2 \quad (4)$$

И така за едно неутрино с енергия от порядъка на GeV, при разсейване от нуклон сечението е около 10^{-38} см², докато за неутрино с MeV енергия, сечението е 10^{-41} см². (Такова е сечението, с което щяха да се сблъскат Райнес и Коуън в своя експеримент.)

Би бил голям шанс за младия ЦЕРН да разреши въпроса с неутрината, обаче ЦЕРН се насочи към осигуряване на висока експериментална точност с около 1000 събития. А всъщност най-важните отговори можеха да бъдат получени със само няколко събития; спомнете неутрина получени от пиони са главно ν_μ , при положение че има два вида неутрино. Тогава техният „инверсен β -разпад“ би трябвало да поражда изключително мюони. В действителност, експериментът беше проведен на съвсем новия по това време Брукхейвънски ускорител и той доказа съществуването на два вида неутрино.⁶

Слънчеви неутрина

Вече минаха повече от 40 години откакто Джон Бакал проведе първото детайлно изчисление на неутринния поток от слънцето. Основният процес на Водородното горене на слънцето е:



Обаче детайлното описание на протичащите реакции е много по-слож-но, понеже те включват – между другото – He³, Be⁷, Li⁷ и B⁸. Най-енергетич-ните неутрина произлизат от B⁸ (средна енергия 7.4 MeV). Има една тясна линия от Be⁷ при $E_\nu = 0.862$ MeV. Тези две неутрина можеха да бъдат ре-гистрирани посредством инверсната β -реакция



Рей Дейвис бе човекът, който се осмели да направи такъв експеримент. Той постави огромен резервоар с 100000 галона (~ 400000 литра) почиства-ща течност (C₂Cl₄) дълбоко под земята в мината Хоумстейк и успя да получи отделни атоми аргон.⁷ Разбира се, очакваната вероятност беше изключител-но малка! Единицата, използвана при експерименти със слънчево неутрино, се нарича „Solar Neutrino Unit“ или SNU. Тя се дефинира така:

$$1 \text{ SNU} = 10^{-36} \text{ захват/атом.сек} \quad (7)$$

Около 1984 г. Дейвис беше натрупал достатъчно събития, за да получи неутринен поток от 2.1 ± 0.3 SNU.⁸ Но предсказаната от Бакал цифра беше много по-голяма⁹, 6-8 SNU, в зависимост от параметрите на слънчевия мо-дел. Естествено, това предизвика голямо оживление сред специалистите! Спомням си добре дискусията, която се проведе след лекцията на Дейвис на една от срещите на Балатон, организирани от Джордж Маркс. Тогава се стигна до заключението, че едно от следните твърдения трябва да е вярно:

1. Експериментът е погрешен
2. Слънчевият модел е грешен

3. Ядрената физика е погрешна

4. Физиката на елементарните частици е грешна

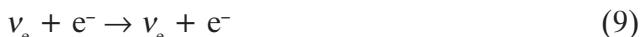
По това време никой не очакваше че последното твърдение ще се окаже вярно! Ситуацията беше станала толкова критична, че Ханс Бете в своята лекция на Неутринния симпозиум организиран от Джордж Маркс в Бостън през 1988 г. отбеляза, че вече не е съвсем сигурен дали правилно е получил Нобеловата награда!

И така беше необходимо експериментът да се повтори, но с по-добър праг. Реакцията



има достатъчно нисък праг, за да се наблюдават неутрина от първичната реакция (5). Бяха поставени два галиеви експеримента, „Галекс“ в Гран Сасо и „SAGE“ (Съветско-Американски-Галиев-Експеримент¹⁰) в Кавказ. Но те също показваха недостатъчен поток слънчеви неутрина, в сравнение с предсказанието на слънчевия модел, който ставаше все по-точен с времето.

Накрая се включи и големият Черенков детектор „Супер-Камиоканде“ в Япония. С помощта на еластичната реакция



стана възможно не само да се наблюдават слънчеви неутрина, но и да се определи посоката на падане на неутрината, защото реакцията е силно насочена напред. Ханс Бете сигурно е бил облекчен от резултата, защото наистина бяха наблюдавани слънчеви неутрина, макар и твърде малко на брой! (Много ясно си спомням колко възбуден беше Джордж Маркс, когато ми показваше първата графика, на която се виждаха неутринни реакции, определено насочени към Слънцето!)

По времето на Неутринния симпозиум през 2002 г. в Мюнхен (последния, който Джордж посети!) отношението на наблюдавания неутринен поток към предсказанието на Слънчевия модел беше:

Хлорен експеримент 0.30 ± 0.03

Галиеви експерименти 0.53 ± 0.03

Супер-Камиоканде 0.403 ± 0.0013

Но преди да преминем към разрешаването на загадката на слънчевото неутрино, трябва да се върнем към идеята на Бруно Понтекорво за неутринното смесване.

Неутринни осцилации

Още през 1957 г. Бруно Понтекорво (много близък приятел на Джордж Маркс) изказа предположението, че неутриното може да осцилира¹¹ (по аналогия с неутралната Каонна система). Смесването на неутринните вкусове беше предложено от Маки и съавтори.¹² Това предполага, че неутрина от различен вид имат различни маси, така че не всички неутрина могат да бъ-

дат безмасови. Тъй като „Стандартният Модел“ се базираше на безмасово неутрино¹³, то това беше една смела крачка към новата физика!

Ако два вида неутрино се смесят, получаваме „масови собствени състояния“ (напр. ν_1, ν_2), различаващи се от „слабите собствени състояния“ (ν_e, ν_μ). Вероятността за преход $\nu_l \rightarrow \nu_{l'} (l, l' = e, \mu)$ се дава с

$$P_{ll'} = \sin^2 2\alpha \cdot \sin^2(L/2\lambda), \quad l \neq l' \quad (10)$$

където α е ъгълът на смесване. За 3 вкуса

$$\lambda_{kk} = 2E/\Delta m_{kk}^2 \quad (11)$$

($k, k' = 1, 2, 3$), където

$$\Delta m_{kk}^2 = |m_{\nu_k}^2 - m_{\nu_{k'}}^2| \quad (12)$$

и числено

$$\frac{L}{\lambda_{kk}} = 2.54 \frac{\Delta m_{kk}^2}{eV^2} \frac{L/E}{km/GeV} \quad (13)$$

Експериментално може да се търси на разстояние L появяването на определен неутринен вид, който не присъства в първоначалния сноп с енергия E („експеримент по появяване“); или пък може да се мери изтъняването на снопа поради осцилациите на някои от неутрината в други видове („експеримент по изчезване“).

Както вече беше отбелязано, неутринната осцилация изисква разлика в масите, т.е. поне една ненулева неутринна маса. Директни граници за масите трудно могат да бъдат получени с голяма точност. Най-надеждната граница се получава от тритиевия разпад



Мери се крайната точка на спектъра в т. нар. крива на Кюри

$$K(E_e) = \frac{GU_{ud}\sqrt{\xi}}{\pi\sqrt{2\pi}} \sqrt{(E_0 - E_e)^2 - m_\nu^2} \quad (15)$$

където ξ е ядреният матричен елемент и E_0 е максималната електронна енергия E_e . Както се вижда, там интензивността на спектъра е минимална, така че са необходими твърде много събития.

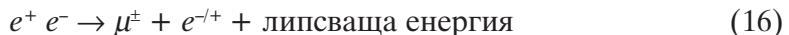
В хода на извършваните многообразни експерименти, се откроиха някои странни явления. (Както винаги, Джордж се интересуваше най-много от неочекваното!) До съвсем неотдавна всички експерименти даваха отрицателно m_ν^2 докато според статистиката това трябваше да става само в около половината случаи! Освен това, имаше и една странна полу-годишна вариация в експеримента, наречена „Ефект на Троицк“, която понякога се интерпретираше като огромен диск от реликтови неутрина, през който Земята минава два пъти годишно, следвайки своята орбита. За щастие, всички тези явления изчезнаха и двата най-добри резултата за масата на електронното

неутрино дойдоха от двата експеримента в Майнц и в Троицк: и двата дадоха горна граница от 2.2 eV.

Предвид важността на неутринната маса, един нов експеримент – КАТ-РИН – се планира в Карлсруе. Той има за цел постигането на суб-eV чувствителност и би трябвало да достигне до 0.2 eV около 2002 г.

Третото поколение

За голяма изненада на специалистите в областта на елементарните частици, беше открито трето поколение лептони от Мартин Пърл и сътрудници¹⁴ през 1975 г. Очевидно, това беше зареденият лептон τ , за пръв път наблюдаван при реакцията



Възникна въпросът, дали съответното неутрино също беше от новото 3^{то} поколение или от някой от вече познатите два типа. Обаче тези възможности можаха скоро да бъдат изключени по експериментален път. Необходимо беше да мине доста време, докато третото поколение неутрина беше наистина „наблюдавано“ посредством неговата реакция, произвеждаща τ -лептон. (В експеримента DONUT).

(През октомври 1977 г. в Стробске Плесо беше организиран един Триъгълен симпозиум по адронна спектроскопия. Джордж и аз се шегувахме с факта, че аз изнесох доклад върху „Петия лептон“ а той върху „Шестия лептон“.)

Суперновата 1987 г.

През февруари 1987 г. една Супернова експлодира наблизо в Големия Магеланов облак. За първи път в историята, беше регистрирано и съпътстващото неутринно изригване.¹⁵ Въпреки че беше успешно установена горна граница¹⁶ за масата на v_e , щеше да бъде извлечена много повече информация, ако часовниците на двата главни детектора в Япония и в САЩ бяха синхронизирани както трябва. За нещастие това не беше направено. (Спомням си моя семинар по слаби взаимодействия и неутрина в Санта Фе през 1987 г., където представителят на Kamiokande изрази съжалението си с думите „това е много странно, тъй като моята страна е известна с добрите си часовници.“) Те бяха оставили един студент да нагласи часовника на детектора според своя ръчен часовник, тъй като никой не очакваше, че точното време може да има някакво значение!

Големите подземни детектори бяха първоначално разработени за наблюдаване разпада на неutrona. Така „Камиоканде“ (Kamiokande) беше съкращение за „Kamioka Nuclear Decay Experiment“. След като времето на живот на протона беше изведен извън обхвата и възможностите на детекторите и след историческото наблюдение на Суперновата, Камиоканде беше преименуван на „Kamioka Neutrino Detection Equipment“.

Атмосферно неутрино¹⁷

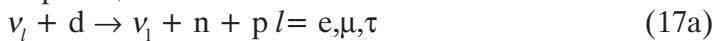
Когато една космическа частица се вреже в атмосферата, се образуват главно пиони. Те се разпадат посредством $\pi \rightarrow \mu + \nu_\mu$ и мюонът се разпада по уравн. (1). Този много прост аргумент показва, че в космичните лъчи би трябвало да присъстват два пъти повече ν_μ отколкото ν_e .¹⁸ Разбира се, има корекции, има и фон (напр. от възникнали каони, и т.н.). Обаче дори и след тези корекции, съотношението остава твърде ниско.

В един прекрасен експеримент, проведен на Супер-Камиоканде, беше измерено съотношението на излитащите нагоре към излитащите надолу мюони, породени от неутринни взаимодействия. Докато долните неутрина имаха да изминат само около 10 км, то горните трябваше да пресекат цялата земя, така че имаха да изминат около 10000 км, за да достигнат детектора. Така те имаха достатъчно време за да осцилират в съответствие с уравн. (10). Подробният анализ показва, че ν_μ осцилира главно в ν_e , с максимален ъгъл на смесване $\sin^2 2\theta = 1$ и масова разлика от $\Delta m^2 = 2.5 \times 10^{-3}$ eV² (виж уравн. 13).

След като вече неутринните осцилации бяха експериментално възприети, идеята да се реши загадката на слънчевите неутрина посредством изчезващите осцилации на ν_e се превърна в реална възможност. Но тя все пак трябваше да бъде проверена по неоспорим начин. Дотогава докогато можеха да се наблюдават само проявления на зарядни токове, изчезването беше единствената възможност. И така беше необходимо да се построи нов тип детектор, който да може също така да регистрира реакции на неутрални неутрина.

Неутринната обсерватория Съдбъри (SNO)

За да може да се регистрират също и реакции на неутрални неутринни токове, в мината Съдбъри в северна Канада беше изграден огромен детектор на Черенков, напълнен с 1000 тона чиста тежка вода. Деутерият прави достъпни следните неутринни реакции:



По такъв начин, според уравн. (17a) можеше да се наблюдава и пълния ненакъренен неутринен поток от Слънцето.

Това беше голямо облекчение и прекрасен успех, когато резултатите наистина показваха, че пълният неутринен поток от Слънцето (Неутринен симпозиум, Мюнхен)

$$\phi_{SNO} = 5.09 + 0.44 + 0.46/-0.43-0.43 \quad (18a)$$

беше в отлично съгласие с теоретичните очаквания от Стандартния Слънчев Модел (SSM)

$$\phi_{SSM} = 5.05 + 1.01/-0.81 \quad (18b)$$

Но за да се получат осцилаторни данни, подобно на атмосферния случай, това не беше достатъчно. Имаше все още известна неяснота. Тя трябваше да

бъде постигната с още един прекрасен експеримент: KamLAND. Това е един 1000-тонен течен сцинтилаторен неутринен детектор в Камиока, Япония, който събира неутринни събития от всички околнни ядрени електростанции!

Заедно двата експеримента дадоха най-доброто съответствие за осцилации на слънчеви неутрина:

$$\Delta m^2 = 8.3 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$$

$$\sin^2 2\theta = 0.83 \quad (19)$$

При три поколения неутрина и два вида осцилации (т.е. две масови разлики) това би дало една добра картина дори ако знаехме само масовите разлики а не техните абсолютни стойности. Обаче все пак остава една неразкрила загадка, която ни дава повод да хвърлим поглед в бъдещето.

Стерилни неутрина?

В Лос Аламос беше проведен един осцилационен експеримент – LSND. Шом се роди един π^+ , той се разпада посредством $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ и положителният мюон се разпада така: $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \nu_\mu$. И така, в един чисто положителен пионен сноп, не биха могли да се появят ν_e . Ако ги има, значи произхождат от появилите се осцилации, при положение че фонът е елиминиран внимателно.

А експериментът LSND показва точно тези ν_e ! Това е един 4σ резултат! Неприятното е това, че тяхната разлика в масите е твърде голяма, за да се вмести в схемата на трите неутрина. Но ние знаем, че не може да съществува четвърто поколение. Още през 1976 г. отбелязаха¹⁹ че ние можем да определим броя на различните неутринни видове N_G , от ширината на Z-бозона посредством

$$\Gamma_Z = \Gamma(Z \rightarrow \text{видим}) + N_G \times \Gamma(Z \rightarrow vv). \quad (20)$$

Стойността, дадена от Particle Data Group през 2004 г. (цит. 5), е

$$N_G = 2.994 \pm 0.012 \quad (21)$$

Така едно четвърто неутрино не би могло да е от същия тип като другите три, тъй като то не се свързва с Z-бозона. Обикновено го наричат „стерилен неутрино“ и поне за мене това е едно грозно създание! Доколкото резултатът LSND все още не е проверен от независим източник, за мен остава открит въпросът дали е верен. През последните години беше станало стандартна практика основният доклад на Международната неутринна конференция – рожба на Джордж! – да започва със сухата забележка „в мой доклад аз не отчитам резултата от LSND!“ Все пак на този въпрос трябва да бъде даден обективен отговор! Затова се подготвя един нов експеримент – MiniBooNE – който да направи проверка на резултата от LSND. Първите резултати от него се очакват през 2005 г. но имаше известно забавяне, тъй като поради голямата важност на въпроса всичко трябва да се направи много внимателно.

Общността на неутринните физици с нетърпение очаква изясняването на този въпрос!

Международната неутринна конференция през 2002 в Мюнхен беше последната поред, която Джордж можа да посети, да открие и да закрие. Две години по-късно в Париж аз имах честта да кажа няколко възпоменателни думи за него²⁰ при откриването. Тази серия от конференции ще продължи с неотслабващ дух, но дълбоко ще ни липсва нейният баща – Джордж Маркс.

Бележки

- ¹ За подробности виж G.Marx, Nucl.Phys.B (Proc.Suppl.) **38** (1995) 518.
- ² F.G.Houtermans and W.Thirring, Helvetica Physica Acta **27** (1954) 81.
- ³ F.Reines and C.L.Cowan, Phys.Rev. **92** (1953) 830, 1988.
- ⁴ C.L.Cowan et al., Science **124** (1956), виж също F.Reines and C.L.Cowan, Phys.Rev. **113**(1959)273.
- ⁵ Particle Data Group, Phys.Letters **B592** (2004) 33.
- ⁶ G.Dandy et al., Phys.Rev.Letters **9** (1962) 36.
- ⁷ R.Davis Jr. et al., Phys.Rev.Letters **20** (1968) 1205.
- ⁸ R.Davis Jr. et al., AIP Proc. 123, Steamboat Springs Conf. (1984) 1037.
- ⁹ J.N.Bahcall et al., Rev.Mod.Phys. **54** (1982) 767.
- ¹⁰ След разпадането на Съветския Съюз, експериментът не беше преименуван на „RAGE“ за „Russian“!
- ¹¹ B.Pontecorvo, Sov.Phys.JETP **33** (1957) 549; **34** (1958) 247; **53** (1967) 1117.
- ¹² Z.Maki, M.Nakagawa S.Sakata, Progr.Theor.Phys. **28** (1962) 870.
- ¹³ D.Haidt and H.Pietschmann, Electroweak Interactions. Landolt-Bornstein New Series Group I, Vol.10, Springer Verlag Berlin (1988) 14.
- ¹⁴ M.L.Perl et al., Phys.Rev.Letters **35** (1975) 1489.
- ¹⁵ K.Hirata et al., Phys.Rev.Letters **58** (1987) 1490; R.M.Bionta et al., Phys.Rev.Letters **58** (1987) 1494.
- ¹⁶ D.Schramm, Proc.Int.Symp. Lepton Photon Hamburg (1987) 471.
- ¹⁷ Атмосферни неутрина бяха наблюдавани за пръв път в Индия и Южна Африка: C.V.Achar et al., Phys.Letters 18 (1965) 196; F.Reines et al. Phys.Rev.Letters **15** (1965) 429.
- ¹⁸ Поради времевата неопределеност, този аргумент е валиден само при малки енергии.
- ¹⁹ R.Bertlmann and H.Pietschmann, Phys.Rev. **D15** (1977) 683.
- ²⁰ H.Pietschmann: In Memoriam George Marx, Nucl.Phys. B(Proc.Suppl.) **143** (2005) X.

Гиорги Маркс (1927-2002)

Гиорги Маркс, Председател на Физическото дружество Роланд Йотвьош и почетен професор в Университета Роланд Йотвьош в Будапеща, почина на 2 декември, 2002 г. Той беше високо уважаван физик – учен и преподавател, който има голям принос не само за задълбочаване на познанията в областта на физиката на ядрата и елементарните частици и в частност астрофизиката, но и за това, как да се преподава физиката навсякъде по света. Той работеше

неуморно и с голям ентузиазъм и в резултат на своите усилия печелеше много приятели по целия свят.

Гиорги (или най-често Джордж) Маркс е роден в Будапеща на 25 май, 1927 г. През 1950 г. получил научна степен във Факултета по ядрена физика на Университета Йотвьош Лоран в Будапеща, където започнал да преподава още от 1948 г.

Гиорги Маркс беше изтъкнат специалист по физика на ядрото и на елементарните частици, който заедно със своя ученик Шандор Салай пръв изказа предположението, че неутрината биха могли да обяснят липсващата маса във Вселената. Но още от най-ранните етапи на своята кариера той проявява активност в образователната физика и през 1960 г. организира серия семинари на брега на Дунава, където бяха събрани заедно учители по физика от Изтока и от Запада. В допълнение към останалите инициативи, тези семинари доведоха до дълбоко преразглеждане на физическото образование в Унгария, съчетавайки местните традиции с най-доброто отвън.

Със своите семинари, книги и преподавателска дейност, както и със своята по-сетнешна работа като председател на GIREP и на Физическото дружество Роланд Йотвьош, Гиорги Маркс подчертаваше важността на науката на 20-ти век, като квантова механика, ядрена енергия, радиационна защита и климатология за образованието. Благодарение на него, Унгария запази доброто си представяне на олимпиадите по физика и той се гордееше с международните успехи на унгарските ученици и студенти. Той работеше активно по международните образователни програми на Международния център по теоретична физика в Триест, Италия на Абдъс Салам, оглавявайки екипи, изпращани в Судан, Кения и други страни. Той също така разви добри отношения между Унгария и Китай във времената, когато малко страни имаха достъп до тази страна и по такъв начин оказа влияние върху развитието на физическото образование в Китай.

Гиорги Маркс беше избран за член на Унгарската Академия на Науките, на Академия Еуропеа, на Британския Институт по физика и на Американското физическо дружество. Освен унгарските награди, той беше удостоен със златния медал Комениус на Каракаския Университет „Симон Боливар“, на Университета в Братислава и получи наградата „Браг“ на Института по физика. Той е работил като гост професор в много университети – във Виена, в САЩ, Китай, Япония, Пакистан и Тайланд. Основната му изследователска област беше ядрената астрофизика.

Автор е на 100 изследователски статии във физиката на ядрото и на елементарните частици, публикувани в международни списания, над 100 статии върху историята и образованието по физика и на още 400 статии, написани на унгарски език. Негови книги са публикувани на български, китайски, чешки, английски, финландски, унгарски, японски, руски, словашки и испански езици.

Стивън Чапмън
Превод от английски: С. Рашев

ЛОГИКА И ВЯРА. СТО ГОДИНИ ОТ РОЖДЕНИЕТО НА КУРТ ГЬОДЕЛ (1906-1978)

Иван Тодоров

*Следовать за мыслями великого человека
есть наука самая занимательная.*

А. С. Пушкин, Арап Петра Великого (Глава III)

Популярно американско математическо списание посвещава броя си от април 2006 на стогодишнината от рождениято на Курт Гьодел, „най-великият логик на нашето време“, и на 75 години от публикуването на неговите знаменити теореми за непълнота. Две от основните статии звучат неочеквано за юбилейни. Феферман¹, [F06], обяснява, че ролята на гьоделовите резултати в математиката (извън логиката), за сега, е пренебрежима. Францен, [Fr06], автор на монография за злоупотребите с резултатите на Гьодел², се подиграва с онези, които се позовават на Гьодел, за да потвърдят, че „квантовата механика, Библията, философията на Аин Ранд³, еволюционната биология, система от закони, ... са, с необходимост, непълни или противоречиви“.

Далеч отиващи изводи от работите на Гьодел (като тези в завоювалата популярност книга [H] на Д. Хофтстетър, син на физика (Роберт Хофтстетър) – Нобелов лауреат) правят не само любители. Буди особен интерес полемиката между двама нестандартни съвременни мислители: физика теоретик Роджър Пенроуз [P89] [P94] и математика Едуард Нелсън [N]; философски твърдения – в платонов дух – изказва и самият Гьодел. Преди да стигнем до тези спорни въпроси (в раздел 5), ще проследим живота на Гьодел и ще кажем нещо (в раздел 2) за развитието на математичната логика и за мястото и значението на неговите теореми⁴. Ще си дадем сметка, че концентрираните усилия на пионерите в тази най-абстрактна област на науката, Кантор, Цермело, Гьодел, Пост, Тюринг, често надхвърлят границата на човешките възможности и по-



някога завършват трагично. Съветвам читателите, на които тази част се стори трудна, да постъпват като математиците: ако не разбират нещо, да продължат да четат нататък. Както пише Гьодел на майка си (януари 1951, в отговор на нейно писмо за биографията на Айнщайн от Франк): „Ако се опиташи да я четеш като роман (без да се мъчиш да разбираш всичко при първо четене), тогава, вярвам, че не би ти се видяла толкова неразбираема“ (цитирано по [W87], с. 38). Биографичната линия от раздел 1 продължава в 3, където обсъждаме и „въртящата се вселена“ на Гьодел, и завършва в 4.

1. „Господин Защо“ влиза във „Виенския кръг“

Genius will out, but how and why, and what serves to nurture it?

S. Feferman, Goedel's life and work ([F86], p. 2)

Родени в Бърно⁵ (сега – Чехия) братята Рудолф (1902-1994) и Курт (28 април 1906) са кръстени в немска лютеранска черква, следвайки религията на майката-немкиня (не на баща австриец-католик), макар че живеят в католическо обкръжение. Курт е твърде любознателно дете: от четиригодишен баща му и майка му почват да му викат „der Herr Warum“ („г-н Защо“). (Веднъж попитал възрастна гостенка, *защо* има такъв дълъг нос...) Според психолозите, децата задават много въпроси преди да свикнат с мисълта, че има „случайни“ явления, за които не се търсят обяснения. Особеното при Гьодел е, че той никога не престава да задава „въпроси, които нямат отговор“. Съществуването на хаос за него е зрителна измама. В недатиран документ, намерен между неговите книжа след смъртта му, са изброени 14 фундаментални принципа; първият от тях гласи *Die Welt ist vernünftig* (Светът е рационален). Науката, на която се посвещава, го потвърждава: „в света на математиката всичко е на място и в точен ред. Не трябва ли да очакваме същото от реалния свят – противно на видимостта?“ Задаването на „излишни въпроси“ спомага за изолирането му от окръжаващите. Четенето на медицински книги (след ревматичен полиартрит, прекаран на 8 години) дава повод за ранни прояви на ипохондрия: внушава си (въпреки уверенията на лекарите в противното), че сърцето му е засегнато.

В гимназията (в Бърно) му се носи славата, че никога не правел грешки по латински. Езиците му вървят и продължават да го интересуват до края на живота му. В архива му са намерени тетрадки по италиански, холандски, гръцки и дори една китайска граматика (освен задължителните латински и френски, родния немски и свободно избрания английски – но не чешки – от училището). Той е отличник по всичко; само по математика(!) има по-ниска бележка за един от сроковете. Учи (пак по избор) и стенографията на Габелсбергер, използвана тогава в Германия (след това изоставена и причинила голямо главоболие на изучаващите – от 1982 насам – гьоделовото

писмено наследство, [F05]). Както той пише по-късно, интересът му към природните науки се събужда по време на семейна екскурзия (1921), когато се запознава с гътевата теория на цветовете (и конфликта ѝ с нютоновата) от една биография на Гьоте⁶. Като дете Курт е силно привързан към майка си, която му свири на пиано негова любима (лека) музика ([W87], с. 72). Казват, че първото му увлечение (пресечено от възрастните) е било към дъщеря на близки познати – „ексцентрична красавица“, десет години по-голяма от него.

През 1924 Гьодел се присъединява към брат си (който следва медицина) и записва физика във Виенския Университет. Лекциите на Фуртвенглер⁷ по теория на числата (по негови думи, най-прекрасните, които никога е слушал) му дават повод да се прехвърли, през 1926, към математика. (Големите физични теоретици, Шрьодингер и Паули, учили в същия университет, вече не са там.) Неговият професор (и ръководител на дисертацията) Хан⁸, е довел във Виена философа(-физик) Мориц Шлик; всеки четвъртък двамата събират малка група съмишленици – философи, математици – в едно виенско кафене; така възниква прочутият „Виенски кръг“⁹, в който е поканен и 20-годишният Гьодел. (Необикновеният културен подем от началото на века продължава в победена и разграбена Австрия, загубила излаз на Адриатическо море, останала по-малка по площ от България. Литературата – Рилке и Кафка са наследени от Музил (1880-1942) и Цвайг (1881-1942), музиката – Малер е последван от Шьонберг (1874-1951), живописта – след Климт се явява експресионистът Кокошка (1886-1980) – процъфтяват наред с психоанализа (Фройд), науките и логиката. Уви, опиянението от новото носи, заедно с революционния фермент, и зародиша на своята гибел.)

Отбелязват, че Гьодел обичал оперетите (а по-късно – филма „Снежанка“ на Дисней). Да не забравяме, че като студент той живее в града на баща и син Щраус и на Лехар; в града, където и днес виенските филхармоници посрещат Нова година с изпълнението „На хубавия син Дунав“.

Това са, може би, най-щастливите години на Гьодел: уважаван от професори и колеги, не пренебрегван и от нежния пол¹⁰, стимулиран от дискусиите на философско-математични теми. През лятото на 1928 той започва работа над докторската си дисертация, подава молба за австрийско поданство (изгубено в края на войната) и, най-важното, среща бъдещата си жена, Аделе Поркер (1899-1981). Родителите му, особено баща му, не одобряват избора: тя е шест години по-възрастна от Курт, разведена, танцьорка в заведението „Нощният прилеп“... Макар вече независим, Гьодел избягва конфликтите, а и трудно взима решения: двамата поддържат връзката си, но се оженват едва през 1938 – девет години след като баща му е починал (и в момент, когато майка му не е във Виена). Курт се чувства добре в присъствие на жена си¹¹. Когато Аделе, на 78, болна, не може вече да се грижи за него, той умира.

2. Логика на безкрайното: Лайбниц – Кантор – Гьодел – Тюринг

И твой, бесконечность, учебник,
Читаю один, без людей
Осип Мандельштам

Ако логиката на древните, за разлика от математиката, е жива през средните векове, това е, защото тя обслужва философи-схоласти в техните теологични дебати. Пример за това е опитът на Ансelm (1033-1109) да изведе съществуването на Бога от предположението за Неговото съвършенство – „онтологичният аргумент“, следван (15-и век) от Николай Кузански, подет (17-и век) от Лайбниц, обсъждан (18-и век) от Кант – идея, която занимава и Гьодел¹².

Гьодел, както и неговият учител Хан, е поклонник на Лайбниц¹³ – първият философ, надникнал отвъд силогизмите на аристотеловия „Органон“ (за разлика не само от своите предшественици, но и от такива по-късни философи като Кант, който пише, че логиката „нито е отстъпила, нито е могла да направи стъпка напред“ от Аристотел насам и е „явно завършена и съвършена,“). Лайбниц мечтае да сведе логиката до алгебра на символи, която да може да се управлява механично – идеи, които намират пръв отзук едва през 19-и век, в Англия¹⁴ и в Германия¹⁵. Развитието на теорията на множествата като предпоставка за разбирането на анализа въвлича по-широк кръг математики към изясняване на логическите основи на математиката.

Всеки човек – математик или не – се стъпва пред безкрайното. Кантор¹⁶ прекрачва този праг и открива нов свят от различни безкрайности. Той въвежда понятието *мощност*, което обобщава броя на елементите на крайните множества. Две съвкупности са *равномощни*, ако между елементите им може да се установи взаимно еднозначно съответствие. Според това определение целите числа не са повече от четните; за да се убедим в това е достатъчно на всяко четно число $2n$ да съпоставим числото n . Не е трудно да се види, че и всички рационални дроби са *изброими*, т.е. равномощни на редицата от целите числа. Има ли тогава неизброими множества? Кантор показва, че реалните числа, да речем в интервала от 0 до 1, не могат да се наредят в една редица. Допускайки противното, че те са наредени в редица от безкрайни десетични дроби, той построява нова безкрайна десетична дроб, която не е в списъка. За целта той използва *диагоналния процес* (първата цифра след десетичния знак на новото число се различава от първата цифра на първото число от списъка, ..., петата се избира различна от петата цифра на петото, ...). В този смисъл реалните числа са повече от целите. Нещо повече, за всяко множество M Кантор построява друго (множеството от неговите подмножества), $\gamma(M)$, с мощност по-голяма от тази на M . Той се опитва (без успех) да докаже *хипотезата за континуума*, чието естествено обобщение гласи, че

ако M е безкрайно, то няма множество с междинна мощност между M и $\gamma(M)$. Кантор нарежда мощностите в *трансфинитна редица* от *ординални числа* (брои, тъй да се каже, отвъд безкрайност!). Той има чувството, че Бог му е разкрил мислите си ([Y02] с. 34) – и загубва душевно равновесие. Отзвукът на неговите идеи е необичаен за научните среди. Напомня, по думите на Манин [M02], ефекта на нови веяния в изкуството. Реакцията е крайно емоционална – и за, и против: Кронекер¹⁷ го обвинява, че (подобно на Сократ?) „развращава младежта“; Хилберт¹⁸, напротив, защищава „канторовия рай“. В теорията на множествата (създадена от Кантор) се проявяват досадни антиномии и това стимулира два от проблемите на Хилберт, трактата на Ръсел и Уайтхед¹⁹ по основи на математиката (изучаван във Виенския кръг), аксиоматиката на Цермело²⁰ (който извежда наредбата на трансфинитните числа), и подклажда полемиката между *интуиционистите* (на Брауер²¹) и *формалистите* (начело с Хилберт).

Работите на Гьодел естествено се съпоставят с програмата на Хилберт, признатият лидер на световната математика след смъртта на Поанкаре (1912). Може би най-характерното за светогледа на Хилберт е вярата му в могъществото на човешкия разум: тя се проявява още в неговия риторичен въпрос на Конгреса на математиците в Париж през 1900: *Дали аксиомата, че всяка задача е разрешима, е характерна само за математичната мисъл? Или има общ закон, присъщ на човешкия ум, че всички въпроси, които си задаваме, трябва да имат отговор?* („Проблеми на математиката“, [Y02], с. 395). След 1920, Хилберт заедно със своите гьотингенски сътрудници се връща отново към основите на математиката. През септември 1928, на Конгреса на математиците в Болоня, той се спира на стъпките, които остава да бъдат направени за реализиране на неговата програма за доказателство на: (1) непротиворечивостта на анализа; ... (3) пълнота на системата от аксиоми на теория на числата и на анализа; (4) пълнота на системата от правила на (елементарната) логика. Един ден след като Гьодел за първи път е споменал за своята теорема за непълнота, Хилберт изнася лекция (също в Кьонигсберг – неговия роден град), която завършва с оптимистичното *Wir müssen wissen, wir werden wissen.* („Ние трябва да знаем, ние ще знаем“) – думи, издялани на паметната плоча на гроба му в Гьотинген.

Гьодел се заема с математична логика през щастливото лято на 1928 (това се вижда от запазените библиотечни фишове за книгите на Лайбниц и Фреге и от квитанцията за купения от него тогава трактат на Ръсел и Уайтхед). Неговата дисертация, одобрена от Хан и Фуртвенглер през юли 1929, съдържа *теоремата за пълнота*, която отговаря утвърдително на четвъртия от въпросите на Хилберт. В увода Гьодел пише, че целта на работата му е да докаже пълнотата на аксиоматичните системи на Ръсел и Уайтхед и на Хилберт и Акерман (1928) „спрямо ограниченното функционално смятане“ (т.е.,



спрямо „логиката от първи ред“). Той обяснява, че под „пълнота“ се разбира, че *всяка валидна формула, която може да се изрази в ограничено функционално смятане ... може да се изведе от аксиомите с крайна редица от умозаключения*, или еквивалентно, *всеки логичен израз може да се докаже или да се опровергае*. Гьодел, проявявайки характерно за него съчетание на убеденост и предпазливост, маха тези достъпно звучащи, но малко на едро казани уводни думи от текста на статията, пратена по-късно за печат. В съвременна формулировка теоремата за пълнота ни казва: *ако една система от формули е непротиворечива, то за нея може да се построи модел*. Нужни са обяснения, за да се осъзнае разликата между семантичното понятие за „вярно“ и синтаксичната „доказуемост“ (обяснения, които, както признава и Францен [Fr06], са в състояние да отблъснат немотивирания читател). Теоремата е пример за важен резултат, получен благодарение на ясно виждане на проблема и на достъпните средства ([W87] с. 266).

Ако теоремата за пълнота, макар и нова, е очаквана – като стъпка към реализацията на идеите на Хилберт – то гьоделовите теореми за непълнота, идват като гръм от ясно небе. В първата от тях (съобщена в Кьонигсберг на 7 септември 1930, към края на „дискусия на кръгла маса“) той построява *вярно* твърдение за целите положителни числа (в аритметиката на Пеано, включваща действията събиране и умножение), което не може да бъде нито доказано, нито опровергано – противно на очакването на Хилберт за пълнота на системата от аксиоми на теория на числата и на анализа, (3). Втората теорема отхвърля още една надежда на Хилберт: тя показва, че непротиворечивостта на една аксиоматична система *S* (която включва аритметиката) не е доказуема в *S* (октомври, 1930). Работата, обърната хода на историята на математичната логика, е замислена и написана от 24-годишния Гьодел за по-малко от 6 месеца.

Нека се опитаме да разберем по-точно нейния резултат. Статията съдържа две основни идеи. Първата е да се номерират всички термини, аксиоми и твърдения в системата *S* (на Ръсел и Уайтхед или подобна на нея²²) с цели положителни числа (записани по определено правило като произведения от прости множители). Така получената *номерация* на Гьодел свежда логическите въпроси към аритметични (реализирали аритметизация на логическия синтаксис). Втората идея е да се модифицира древната антиномия за лъжеца²³ като се замени семантичното „това изречение е лъжа“ (което няма смисъл в системата *S*) с „това твърдение не може да се докаже“, на което Гьодел дава аритметична формулировка и определя неговия номер *G* като

използва по нов начин канторовия диагонален процес. Не е трудно да се разбере в общи линии, защо G не може нито да се докаже, нито да се опровергае в *непротиворечивата система от аксиоми S*. Да предположим, че всяко доказуемо твърдение в S е вярно. Ако G можеше да се докаже, това би противоречало на извода, че то е вярно, защото то твърди за себе си, че не може да се докаже.

По-точно, Гьодел използва различието между истинно и доказуемо, за да конструира *вярно, но недоказуемо* твърдение. Както сам той обяснява ([W87], с. 201-202): *евристичният принцип на мојата конструкция на нерешимо твърдение от теорията на числата в дадена формална система е противопоставянето на силно трансфинитното понятие за „обективна математична истина“, на понятието „доказуемост“, което позволява резултатът да се изведе с финитно разсъждение.*

Гьодел, по собствено признание, е искал да развие програмата на Хилберт, не да я убива. В писмо-отговор до докторант (от 70-те години – намерено неизпратено, [D97], с. 61) той пише:

Случай за сравняване на истина и доказуемост ми даде опитът да получа относително моделно доказателство за непротиворечивост на анализа в аритметиката. ... Семантичните парадокси показват, че „истинността“ на твърдения в даден език не може да се изрази в същия език²⁴, докато доказуемостта (като аритметична релация) – може, т.е. вярно не значи доказуемо.

Колко дълбоки и неочеквани са резултатите на Гьодел може да се съди по това, как трудно е било на неговите съвременници да ги приемат. Даже Цермело, комуто дължим съвременната аксиоматика на теория на множествата (тогава 60-годишен, след нервна криза), така и не разбира теоремите за непълнота. Хилберт ги посреща с недоверие – дори с възмущение, когато за пръв път ги споменават пред него. Но като вниква в тях, той (заедно със своя по-млад сътрудник Бернайс²⁵) не само ги приема, но двамата публикуват първото пълно доказателство на втората теорема. Единствен фон Нойман²⁶ веднага оценява чутото, след като Гьодел съобщава за първата теорема на конференцията в Кьонигсберг ([D97] с. 69-77). Емил Пост (1897-1954), късно оценен американски математик, имал независимо подобни идеи, но попаднал в психиатрията преди да ги доведе до край, не си прави илюзии ([D97] с.131): „...най-многото, за което мога да претендирям е, че аз бих доказал теоремата на Гьодел още през 1921 – ако бях Гьодел.“

През юни 1932, Гьодел представя статията си за теоремите за непълнота като свой хабилитационен труд (за званието частен доцент, което му дава право да чете лекции, без да получава заплата). Той продължава да работи усилено (изнася доклади на 8 от всичко 22 сбирки на семинара на Хан по математична логика за учебната 1931-32 година). В кратка статия (излязла

през 1933) показва, противно на господствуващото убеждение, че интуиционистката логика не само че не ограничава класическата аритметика, но е нейно разширение. Веблен²⁶ присъства, когато Гьодел докладва тази своя работа на колоквиума на Менгер²⁷, и, впечатлен, поема инициативата да го покани в Принстън. Институтът, който е приютил Айнщайн, Вайл и фон Нойман (виж *Четиво с продължение в Светът на физиката за 2005*), започва първата година на своето функциониране, 1933-1934, с участието на Гьодел като гост, който чете там курс лекции (от февруари до май) по своите теореми за непълнота. Неговото присъствие (и през 1935) ускорява възприемането на новите идеи. Започва златна ера в математичната логика.

Подтикнат от дискусии с американския логик А. Чърч (1903-1995) от университета в Принстън, Гьодел въвежда понятието *рекурсивна функция*, но той не е сигурен, че това понятие наистина улавя идеята за най-обща функция, която може ефективно да се сметне (*теза на Чърч*). В това го убеждава високо оценената от него работа на 23 годишния Тюриング в Англия (1935-36), която въвежда понятие за *универсална* (сметачна) машина с краен брой състояния.

За стила и гения на Alan Turing (1912-1954) говори следният пасаж от работата му ([Y02] с. 89):

Смятането обикновено става като се пишат известни символи на хартия. Можем да си мислим, че хартията е разделена на квадрати като детска тетрадка по смятане... Ще предполагам, че пресмятането се носи от единомерен лист, т.e. от лента, разделена на квадрати...

Докато Гьодел и Чърч се опитват да разберат какво може да се изведе от една формална система, Тюриング започва с въпроса как детето се учи да смята. Думата *сметач* (*computer*) при него еволюира от човек към машина. Точно рекурсивните функции се пресмятат от въображаемата машина.

Тюриング помага за разчитане на немския таен код *Enigma* по време на Втората световна война. По-късно е арестуван, осъден за хомосексуализъм и „лекуван“. На 42 години той се самоубива като изядва отровена ябълка. (Подобно на Гьодел той е очарован от филма *Снежанка*; още през 1937 е говорел за самоубийство – с отровна ябълка...).

Гьодел получава (но не публикува) първите си фундаментални резултати по теория на множествата (доказателството за съвместимост на аксиомата за избора с останалите аксиоми на Цермело-Френкел) скоро след завръщането си от Америка. Усилията му да докаже същото за хипотезата за континуума – технически най-сложният резултат на Гьодел – съвпадат (според Ферферман [F86] не случайно) с първите сериозни прояви на депресия и на умствена преумора²⁸, които карат брат му и майка му да го пратят в санаториум за нервно болни. Това става причина той да съкрати втория си престой в Принстън (1935) до един месец и да прекара голяма част от следващата година в подобни лечебни заведения (от едно от които се твърди, че Аделе му помага да

избяга). Работите, които пише и публикува в интервалите между лечебниците, продължават да бъдат пионерски. Последната му (кратка) статия „За дължината на доказателствата“, докладвана на колоквиума през юни 1935, например, предхожда с половин век работите по ускоряване („speed-up“) на пресмятанията – централна тема за съвременната теоретична компютърна наука.

Ще завършим този преглед на австрийския период на Гьодел с пестеливата, но тежаща на мястото си оценка на Феферман ([F86] с. 32):

Главните публикации на Гьодел от 1930 до 1940 са между най-значителните приноси към логиката през този век, решили веднъж завинаги фундаментални проблеми и въвели нови мощни методи, широко използвани в последващи работи. Всяка от тези статии се отличава с ясно поставена цел, с грижливо подреждане на материала, с голяма прецизност – както формална така и неформална – и с постепенно и ефикасно движение напред, от началото до края, без загуба на енергия. Всяка от тях решава определена задача, просто формулирана в добре разбрани термини (макар и не винаги по-рано идентифицирана по този начин). Така, тяхното значение става непосредствено очевидно, макар че по-общо значението им за основите на математиката се оказва обект на продължаващи дискусии.

Мнозина (начело с фон Нойман) наричат Гьодел *най-великият логик след Аристотел*. Думите на Нелсън: *Логиката на Аристотел – най-великият логик преди Гьодел – не подхожда на математиката* (*Mathematics and Faith [N]*) са по-силни и точни: Гьодел е мярката за величие, не Аристотел. Крайзел ([K80], с. 219), сравнява ролята на Гьодел в логиката с тази на Архимед в механиката: той не я създава, но я превръща в математична наука с *работа с ненадминатото отношение на значимостта на резултатите към усилието за извеждането им*.

3. Бягство в Америка. От логика към философия и физика

*В такива вселени преживянато време
не отговаря на обективно протеклото,
така че няма основание въобще да предполагаме
обективно течение на времето.*

K. Goedel, Relationship between the relativity theory and the idealistic philosophy

Политическата криза засяга Австрия и разбива „Виенския кръг“ още преди Anschluss'a (присъединяването към Третия Райх, март 1938): в борба с ляв и с прогермански екстремизъм, канцлерът-христиан-социалист Долфус, установил диктатура (в съюз с Мусolini – против Хитлер), е убит, 1934, от група нацисти. Предния ден умира (след операция) Хан, учителят на Гьодел. През юни 1936, Шлик, лидерът на „Виенския кръг“, е убит в университета, на път

към аудиторията, от неуравновесен бивш негов студент. През 1936 и през 1937 емигрират в Америка близките на Гьодел, логическият позитивист Карнап (с когото той често спори) и математикът Менгер (в чийто колоквиум активно участва). Вгълбен в своите мисли, Гьодел не се вживява в събитията, които не го засягат непосредствено. Станал (не по своя инициатива) немски поданик след присъединяването на страната към Германия, на 20 септември, той дискретно се жени за Аделе, а на 6 октомври отплува (сам) за Америка. Там, в Принстън и в Нотр Дам, (поканен от Менгер), той чете лекции, праща за публикация статията си за съгласуваността на хипотезата за континуума с аксиомите на Цермело-Френкел и пише книга за своите резултати в теория на множествата. Тръгва си обратно за Европа на 14 юни 1939. Не изглежда да се тревожи особено от избухването (на 1. 9. 1939) на войната (не го споменава в писмата си, макар че малко след това е признат годен за военна служба). Властите заменят званието частен доцент с *Dozent Neuer Ordnung* (доцент на новия ред); това не става автоматично: то дава възможност за „чистка“ на политически (или расово) неблагонадеждни преподаватели. През септември Гьодел подава молба за новото звание и – за отпуска от университета, за да може отново да посети Принстън. Той изглежда не мисли още сериозно за емиграция, защото си купува ново жилище в центъра на Виена, където се настаняват с Аделе в началото на ноември. Явен обрат в техните намерения настъпва след инцидент по същото време, когато, близо до университета, той е нападнат от група нацистки хулиганни. Сметнали го за евреин (или просто защото е различен – интелигент), те го удрят и очилата му отхвръкват, преди Аделе да ги прогони с чадъра си.

На път за Берлин (за да получи паспорт за Америка) Гьодел спира в Гьотинген, където изнася лекция за своите резултати по обобщената хипотеза за континуума. Изложението му е, както обикновено, ясно и убедително. Това е неговата прощална лекция на роден език.

Гьодели получават изходна виза през декември (директорът на IAS е ходатайствуval за това пред немското посолство във Вашингтон, подчертавайки, че *Гьодел е ариец и е един от най-великите математици в света*). Те трябва да пътуват през Русия, тъй като „опасността за немски граждани да бъдат арестувани от англичаните, ако пресичат Атлантика, е твърде голяма“. Курт и Аделе поемат с транс-сибирската железница в средата на януари 1940; през Япония, Тихия океан и Сан Франциско те се добират в началото на март до Ню Йорк, на час път от университетското градче. Гьодел, тогава 34 годишен, остава в Принстън и до края на живота си не напуска Източния американски бряг (Аделе посещава родната Виена след войната без него).

Между първите, които се срещат с Гьодел след пристигането му, е неговият сънародник, Моргенщерн²⁹, чийто дневник е истинска находка за биографите. „Гьодел“, записва той на 11 март 1940, „е ... забавна смес от дълбочи-

на и прояви на човек не от този свят. Запитан какво става във Виена, той отговори: *Der Kaffee ist erbarmlich* (кафето е долнопробно).“

Гьодел продължава започнатите от 1937 опити да докаже независимостта на хипотезата за континуума. В лекция в Университета в Браун през ноември 1940, той изказва пророческото си убеждение (повече от две десетилетия преди работата на Коен³⁰!), че и нейното отрицание е съгласувано с аксиомите на теорията на множествата, защото в противен случай би излязло, че понятието за случайна редица е невъзможно. Неговите усилия, обаче, не го довеждат до желания окончателен резултат и, към края на 1942 той прекъсва тази изтощителна работа.

Има свидетелство от управителя на почивната станция в щата Майн за това как изглеждат неговите занятия по време на лятната ваканция през 1942, която Курт и Аделе прекарват там. „Винаги мълчалив и строг“ с вид на „човек потънал в мисли. ... През деня той не се показваше от стаята. Аделе не позволяваше на прислужницата да влезе. Той мислеше по време на дълги разходки ... през ношта; излизаше от хотела при залез и се връщаше след полунощ. Вървеше наведен с ръце отзад, гледайки надолу, обикновено по тесния път край брега, с който граничат някои от богатските къщи в околнността. ... Много от резидентите бяха решили, че този сърдит човек със силен чужд акцент, който ходи нощем сам край брега, трябва да е немски шпионин и вероятно се опитва да дава сигнали на кораби и подводници в залива...“

Неуспехът на поредното му концентрирано усилие го отблъсва от темата. Той вижда няколко възможни направления за по-нататъшни изследвания, но никое от тях не го привлича повече от останалите. Гьодел е разочарован и от факта, че развитието на математичната логика, стимулирано от неговите резултати, не води до изясняването на никоя от знаменитите догадки в математиката – като хипотезата на Риман (за нулите на ζ -функцията) или на Голдбах (че всяко цяло число по-голямо от пет може да се представи като сума на три прости). Според Ванг ([W87], с. 110) това е една от причините той да премести, „на жизненото поприще в средата“, центъра на своите интереси от математичната логика към философията (от май 1941 до ноември 1942 той е запълнил пет „философски тетрадки“ с общо 670 страници). За късмет, точно по това време, е поканен да напише статия за тома, посветен на Ръсел, от престижната *Library of Living Philosophers*. В края на своето есе Гьодел изразява разочарование от слабото влияние на математическата логика върху останалата математика и изказва подозрението, че тъкмо непълното разбиране на основите е отговорно за факта, че математичната логика е така изостанала от високите очаквания на Пеано и други, които (в съответствие с казаното от Лайбниц) се надяваха тя да улесни теоретичната математика в същата степен, както десетичната система облекчава числовите сметки. Как, наистина, да очакваме да решим математични проблеми, опирайки се само на анализа на

участвуващите понятия, ако нашият анализ не ни позволява засега дори да формулираме аксиомите? Но той не вижда причини за униние. Според него, универсалната характеристика, набелязана от Лайбниц, не е утопична мечта, а апарат за смятане, който, ако се вярва на неговите собствени думи, Лайбниц до голяма степен вече е развили. Тук се сблъскваме с един от многото примери, когато дълбоката и проницателна мисъл на Гьодел граничи с нещо, което е трудно да се приеме: пред Менгер (в Нотр Дам, 1939) и пред Моргенщерн (1944-45) той изказва подозрението, че враждебен заговор е осуетил публикуването на важни трудове на Лайбниц. „Кой може да има интерес да унищожава написаното от Лайбниц?“ го пита Менгер. „Онези, които не искат хората да станат по-интелигентни,“ е отговорът. Когато Менгер изказва предположението, че по-скоро Волтер би могъл да бъде подобна мишена, Гьодел отговаря: „Кой е станал по-интелигентен от четене на Волтер?“ ([W87], с. 103). Моргенщерн посреща с недоверие твърдението, че Лайбниц е открил антиномиите на теорията на множествата („формулирани за понятия вместо за множества, но точно същите,“) и че е стигнал до закона за запазване на енергията. Той споделя с Менгер „фантазиите на Гьодел“ и двамата се съгласяват, че Курт е твърде много сам и че едни редовни преподавателски задължения биха му се отразили добре. Веднъж, обаче, се случва нещо странно (което Моргенщерн също споделя с Менгер): Гьодел го завежда в университетската библиотека в Принстън и му показва редица книги и статии, появили се приживе на Лайбниц или скоро след смъртта му, които съдържат точни позовавания на негови писания; в сборниците и поредиците, към които препращат цитатите, или няма нищо от Лайбниц, или поредицата се прекъсва точно преди цитираните пасажи, или още, томовете, към които има препратки, изобщо не са се появявали. Моргенщерн не намира обяснение на тези странны факти и по-късно помага на Гьодел в опитите му (останали без успех) да изпише от Европа копия от ръкописите на Лайбниц.

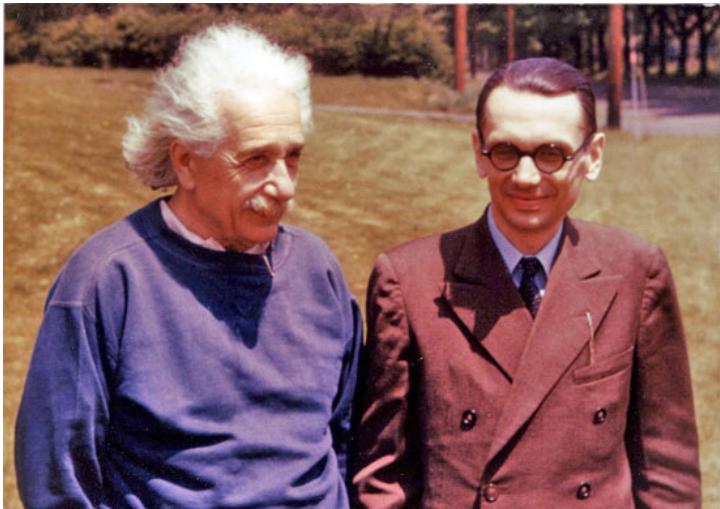
Според *History of Western Philosophy* на Ръсел (1945, Chapter XI), Лайбниц публикува не своите най-дълбоки и „поразително логични“ мисли (които тя-първа се изравят от неговите ръкописи), а това, което се е харесвало на принцове и принцеси (че живеем в най-добрия от всички възможни светове) и което дава повод за подигравки на Волтер, изобразил Лайбниц като Панглос в *Кандид*. Ръсел потвърждава, че лайбницовият „труд по математична логика би имал огромно значение, ако той бе го публикувал; тогава математичната логика би станала достояние на науката век и половина по-рано“.

Всички публикации на Гьодел през втората (американска) половина от живота му са по поръчка. В края на 1945, редакторът на *American Mathematical Monthly* му поръчва кратко популярно изложение на проблема за континуума. Това му дава нов повод да изложи своите философски възгледи. Той пише *What is Cantor's continuum problem?* със същата грижливост и внимание

към подробностите, както обикновено подхожда към нов научен труд (окончателният вариант на статията, закъснял с една година, включва 35 подлистни бележки на 10 страници текст; Гьодел се връща към темата и публикува „ревизирано разширено издание“ през 1964). Той предрича, че хипотезата за континуума

ще се окаже недоказуема в рамките на съществуващата аксиоматика и пише, че установяването на този факт няма да реши проблема. За човек, който вярва, че понятията (и аксиомите) на теорията на множествата съществуват независимо от нас (в света на идеите – по-реален от видимия), този резултат просто означава, че аксиоматиката на теорията на множествата не е пълна, тъй като въпросът, поставен от Кантор, трябва да има единозначен отговор за истинските множества. По убеждението на Гьодел, *проблемът за континуума в теория на множествата трябва да доведе до откриването на нови аксиоми*, които да дадат възможност да бъде опровергана хипотезата на Кантор ([W87], с. 177).

През 1946 Гьодел е поканен да напише още една статия за серията, в която излиза есето му за Ръсел – този път за том, посветен на Айнщайн. Първоначално, той избира темата *Теорията на относителността и Кант*, воден от философски интерес към понятието време и, по-специално, от желанието да съчетае кантовата идея за относителност (и субективност) на времето с общата теория на относителността. Гьодел работи с огромно напрежение. Към лятото на 1947 той получава решения за въртяща се вселена, в която не може да се дефинира понятието едновременност. Той не е доволен от готовия ръкопис (редакторът не успява да му го изкопчи нито с уговорки, нито със заплахи) и връчва статията (пет страници) на Айнщайн близо две години по-късно, в деня на честването на неговата 70-годишнина (март 1949). Той пише (на майка си) за ново голямо усилие през пролетта на 1948, когато в продължение на няколко седмици не е в състояние да прави нищо друго и дори „слуша радиото с половин ухо“ ([D97], с. 182). Именно тогава Гьодел открива, че неговото решение съдържа затворени време-подобни линии, т.е. теоретична възможност да посетим своето минало.





Приживе, той публикува три статии по темата: [1] An example of a new type of cosmological solutions of Einstein's field equations of gravitation, *Rev. Mod. Phys.* **21** (1949) 447-450; [2] A remark about the relationship between relativity theory and idealistic philosophy, in: *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, ed. P.A. Schilpp, 1949, pp. 557-562; [3] Rotating universes in general relativity, *Proc. of 1950 International Congress of Mathematicians*, Vol. 1, Cambridge, MA, 1952 (в [G] Vol. III излизат още два негови ръкописа).

Стилът на статиите е неподражаем. Цитирам от втората от тях: Теорията на относителността даде неочекано прозрение за природата на времето, за това тайнствено, привидно противоречащо само на себе си същество, което, от друга страна, изглежда лежи в основата на мирозданието и на нашето собствено съществуване. Специалната теория на относителността започва с откритието на ново удивително свойство на времето: относителността на понятието за едновременност, от която следва до голяма степен относителността на последователността на събитията. ... Наличието на материя, обаче, отделя наблювателите, които следват ... средното движение на материята. Във всички известни по-рано космологични решения локалните времена на тези наблюдатели се съчетават в единно време на вселената. В новите решения (вселени), дадени в [1], такова световно време не съществува. При кръгово пътуване с ракета по достатъчно широка крива в тези вселени е възможно да стигнем до произволна област от миналото, настоящето или бъдещето, и обратно, точно както е възможно в други вселени да пътуваме до далечни части на пространството. В такива вселени преживянето време не отговаря на обективно протеклото, така че няма основание въобще да предполагаме обективно течение на времето. За Гьодел това подкрепя възгледа на философи като Парменид, Кант и съвременните идеалисти, които отричат обективността на промяната и я смятат за илюзия или видимост, дължаща се на начина, по който възприемаме. (Аделе се шегувала, че Курт толкова сериозно се отнасял към възможността за общуване с миналото, че четял книги за призраци – [K80], с. 155.) В коментар към статията Айнщайн пише: „Този проблем ме смущаваше още при създаването на общата теория на относителността, без да мога да си го изясня.“ Той приема решението, но не се ангажира с предложената философска интерпретация. Гьодел, в отлична форма, докладва час и половина, на семинар в Института. Колегите му са изненадани от дълбочината на неговите познания по физика, но явно не разбират докрай работата. Присъствалият на доклада Чандрасекар³¹ пише 12 години по-късно статия, в която поставя под съмнение резултатите; през 1969 се изяснява (с помошта на самия Гьодел), че

(дори!) Чандра не е разбрал работата, която критикува. Докладът на Гьодел на Международния конгрес на математиците през август 1950 (излязъл през 1952, [3]) е посрещнат и изпратен с аплодисменти, но едва след смъртта му, близо половина век след първата му публикация по темата, се появява интерес към подобни космологични решения³² и неговите работи са оценени по достойнство.

Гьодел се отнася сериозно към възможна физична реализация на въртяща се вселена. Той обръща внимание в [3], че *необходимо и достатъчно условие за въртене на разширяваща се пространствено хомогенна крайна вселена* е нейната неизотропност: *на достатъчно големи разстояния трябва да има повече галактики в едната половина от небето отколкото в другата*. Гьодел не веднъж питал Дайсън дали има указания, че наблюдаваната вселена наистина се върти, но не се доверявал само на астрономите: в архива му са намерени две подвързани тетрадки с наблюдения на ъглови разпределения на галактики ([D97] с.182).

4. Гьодел и Айнщайн. Последни години

Веднъж Айнщайн ми каза, че собствената му работа вече не значи много и че той идва в Института просто um das Privileg zu haben, mit Goedel zu Fuss nach Hause gehen zu dürfen (за да има привилегията да се връща пеша в къщи с Гьодел).

О. Моргенщерн³³ ([W87], с. 31)

Когато човек говори с Гьодел, той се потапя в същия момент в друг свят.

Из дневника на Моргенщерн ([D97], с. 238)

Откъм 1942 Айнщайн често се прибира от Института заедно с Гьодел и Паули³⁴, тримата – философски настроени, немски говорещи имигранти. По свидетелството на Шраус³⁵, Гьодел става най-близкият приятел на Айнщайн през последното десетилетие от живота му. Айнщайн, връстник на майка му (както отбелязва Гьодел) – родени през 1879 – е очарован от съчетанието на елегантност и точност у чудатия логик и редовно търси неговата компания. Разположението е взаимно. (В писмо до майка си от януари 55, Курт описва Айнщайн като *олицетворено дружелюбие*.) Говорят си на всякакви теми. Има чувство на равенство между тях. Логикът се отнася скептично към идеята за единна теория на полето – и го казва.

Когато, през април 1948, на Гьодел предстои да стане американски гражданин, той се отнася сериозно към предстоящия рутинен изпит (разговор) по американската конституция. Предния ден той съобщава възбудено на Моргенщерн, че е открил легална-логическа възможност САЩ да се превърнат в

диктатура (заради правото на президента да назначава, докато сенатът е във ваканция). Моргенщерн го съветва да не засяга този въпрос на предстоящото събеседване, но за всеки случай предупреждава и Айнщайн, когато го взима с колата, за да съпроводят Гьодел. По пътя Айнщайн разказва вицове, за да отвлече бъдещия американски гражданин от проблемите на конституцията. Съдията, впечатлен от двамата му свидетели, кани и тримата на церемонията. „Досега сте бил немски гражданин,“ започва той. „Не,“ поправя го Гьодел, „австрийски“. „Все едно,“ продължава съдията, „ужасна диктатура. Слава Богу, това не може да се случи в Америка.“ „Напротив,“ прекъсва го Гьодел, „зная как това може да стане.“ Тримата едва удържат Гьодел да остави тази тема и процедурата завършва без по-нататъшни усложнения.

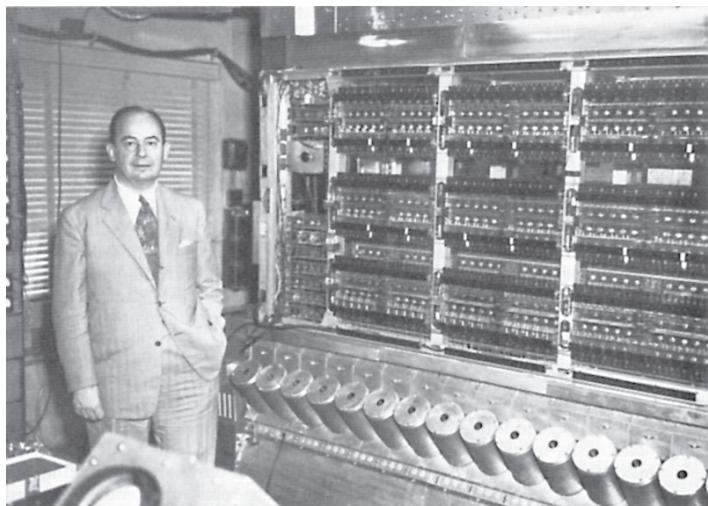
Редките изказвания на Гьодел по политически и житейски въпроси звучат неочеквано. Неговият поклонник, логикът-философ Hao Wang (1921-1995), комуто дължим записи от разговори и други материали за Гьодел, се опитва да го приобщи към своите марксистки възгледи. Гьодел реагира с думите: *Marxism falls short of religion* (марксизъм не достига до религия – [W87], с. 236). По друг повод Ванг цитира мисълта, че в природата на всяка власт е да изпробва своите граници – до къде може да отиде. И още: *смисълът на света е отдалеченото на желанието от факта* (и неговото преодоляване – [W87] с. 193). Гьодел изразил учудване пред Моргенщерн, че при известни обстоятелства, като тези, свързани с държавната сигурност, „законът може да застави човек да лъже“ ([D97] с. 245). Крайзел, от своя страна, разказва как веднаж,

когато почувствуval, че удоволствието при посещение у Гьодели е взаимно, попитал защо не канят по-често (и други) гости. Гьодел отговорил, че го изморяват хора, които проявяват в компания по-голяма възбуденост от колкото реално чувствуват ([K80] с. 158).

Гьодел не се доверява на лекари и на колеги. Той има известни основания: великият логик работи шест години в Принстън, преди да го приемат, през 1946, за постоянен член на Института, и още седем, преди да стане там професор, през 1953 – безпрецедентно забавяне. (*Как може, който и да било от нас да се на-*



рича професор, когато Гьодел не е, се възмутил веднъж фон Нойман, Х. Вайл и К. Зигел³⁶, обаче, се противопоставяли: *стига ни един смахнат професор*, казал веднъж Зигел – имайки пред вид себе си.) Лекарите приемат неговите оплаквания от хронични проблеми с храносмилането за поредна проява на ипохондрия – и едва го спасяват, през февруари 1951, от късно



Дж. фон Нойман

идентифицирана язвена криза. Хората в Принстън (особено дамите) са недружелюбни спрямо жена му. Ванг чува Аделе да моли Курт в Кеймбридж да приеме покана да се премести в Харвард: „тук се държат много по-приятелски“ ([Y02], с. 55). Гьодел никому не се оплаква, но в съзнанието му всичко се подрежда в (неправдоподобна за другите) стройна система, и обществото вади готова диагноза: *параноя*.

Знаците на признание, които Гьодел получава, зачестяват. (Той не се хвали с успехите си: майка му и брат му научават за тях едва през 1947, от втора ръка, когато Моргенщерн посещава Виена след войната.) През 1951 той дели с Шуингър първата Айнщайнова награда. Три месеца по-късно, получава степента почетен доктор от Университета в Йейл, а следната година – от Харвард като *откривател на най-значителната математична истина на века*. Той е единственият логик в историята, поканен да изнесе – на 26 декември 1951 – престижната Гибсова лекция пред American Mathematical Society (AMS). Той говори за значението на теоремите за непълнота, за споровете за природата на математиката и за границите на човешката интелигентност³⁷. (Думите на Аделе, „*Куртеле, ако сравня твоята лекция с другите, няма никакво сравнение!*“, подслушани тогава от Олга Тауски-Тод, са избрани за мото на раздела за живота на Гьодел в уводната статия на Феферман [F86] към *Събранието съчинения*.) Неговите трудове се превеждат (от немски на английски). Забавна е историята на авторизирания (трети поред) превод на знаменитата му статия от 1931 за книгата *От Фреге до Гьодел*³⁸.

Когато редакторът на подготвянния анотиран сборник се обръща към него, Гьодел, недоволен от двата предишни превода, прави промени в новия текст. В частни разговори редакторът се оплаква, че никога не се е сблъсквал

с по-упорит и придирчив автор. Между май 1961 и юни 1966 те обменят 70 писма и два пъти се срещат в Института в Принстън, за да изясняват тънкости в смисъла и употребата на немски и английски думи ([D97] с.217). Двамата перфекционисти взаимно се оценяват и не се скарват.

Гьодел оставя непубликувани повечето свои философски трудове. Две години той се мъчи с текста на Гибсовата лекция (за Бюлетина на AMS); ръкописът набъбва от вмъквания, поправки, подлистни бележки към вмъкванията, нови поправки (напечатан, 1995, в [G] III). Подобна е съдбата и на неговата статия *Е ли математиката синтаксис на езика?*, запланирана за сборник, посветен на Карнап – все за същата *Библиотека на живи философи*. Той работи усилено и пише шест различни версии на статията, но нито една от тях не го задоволява. (Две от версията са публикувани посмъртно, в [G] III.) Той иска да представи аргументацията кратко и убедително, по образца на своите трудове по математична логика, но във философията даже той не успява да го постигне. От друга страна той съзнава, че идеите му не са модни и биха предизвикали (нежелани от него) спорове, ако ги оповести, без да ги докаже. Духът на времето, *der Zeitgeist*, не е благоприятен за философия.

От есента на 1970 Аделе се движи с инвалидна количка. Курт няма вече обичайната опора при периодичните пристъпи на ипохондрия и параноя (и при реално заболяване). Приятелите също си отиват: Айнщайн е починал преди 15 години, Крайзел се оттегля (за него „става мъчително да гледа“), Моргенщерн сам е болен и умира една година преди него. В началото на 70-те Гьодел изглежда по-отворен (в опит да прикрие депресията си?) – по думите на една от секретарките на Института е станал не така „страшен“ (*less formidable*). През юни 1972 той присъствува на конференция в чест на 25-години от работата на фон Нойман по електронни компютри, на която изнасят доклади известни логици. По думите на Моргенщерн най-интересното в цялата конференция са били въпросите, които Гьодел е задал от залата (нещо нехарактерно за него): – Има ли достатъчно специфика в генетичните ензимни процеси, за да бъде оправдана една механична интерпретация на всички функции на живота и ума? – Има ли нещо парадоксално в машина, която познава напълно собствената си програма?

След смъртта на Айнщайн Гьодел остава единственият професор в Института без кола и използва институтската лимузина, която два пъти седмично вози работещи там до супермаркета за пазаруване. Мършавата му фигура на предната седалка, увита с шал и с палто, въпреки топлото време прави странно впечатление. (През пролетта на 1975 и аз бях свидетел на тази гледка, седейки в същата лимузина.) Гьодел винаги е предпочитал да му е топло; Ванг отбелязва, че основните си резултати той е получавал през летните месеци. Той се бои, че искат да го отровят и не яде (особено след смъртта на Моргенщерн, юли 1977, когато и Аделе е болна). Когато умира, на 14 януари

1978 в болницата в Принстън, Гьодел тежи по-малко от 30 килограма. След смъртта му Аделе предава на Института за висши изследвания всички негови ръкописи и книги и завещава, в негова памет, всичките му авторски права. (Тя унищожава писмата на майка му до него въпреки настоятелните молби на брат му, Рудолф, да му ги предаде. Тя смята, че интересът на Рудолф е повече меркантилен отколкото сантиментален. Наистина, Рудолф след няколко години продава писмата на Курт до майка им.) Аделе има право да се гордее със славата на своя Куртеле: без грижите и душевната опора, които тя му дава в продължение на половин век – откакто се познават, не се знае до каква степен той би успял да реализира своя гений. Тя умира три години по-късно и прахът ѝ лежи до неговия.

5. Платонизъм и вяра

*Tи си права за тъгата. Ако тя би била напълно безнадеждна,
в нея не би имало нищо хубаво. Но аз мисля, че от
рационална гледна точка това е невъзможно.*

Из писмо на Гьодел до майка му от 27 февруари 1950 ([F05], раздел 5)

Гьодел е *математически реалист*, той споделя учението на Платон, че математичните понятия (както и въобще идеите) съществуват независимо от хората. Когато му съобщават, през 1971, че Ръсел го е нарекъл в своята автобиография *неподправен (unadulterated) платонист*, Гьодел отговаря (в неизпратено писмо): *Що се отнася до моя „неподправен“ платонизъм, той е не по-неподправен от собствения ръселов през 1921, когато той пише*³⁹: „Логиката се занимава с реалния свят също така, както и зоологията, само че с неговите по-общи и абстрактни страни.“ ... *по-късно, под влиянието на Витгенщайн, Ръсел се отмята* ([W87] с. 112). Ванг свидетелствува, че Гьодел харесва и обича да цитира сравнението със зоологията. Той е записал също казаното по друг повод от Гьодел ([D97], с. 240): *Може да се прави редукция до понятия и истини, не до възприятия... Нещата трябва да се редуцират до платонови идеи.*

Възможна е положителна интерпретация на теоремата за непълнота, настийчиво – и с въображение – развивана от Пенроуз, [P89] [P94]: ако онагледим, следвайки Тюринг, формалните системи с компютри, то съгласно теоремата на Гьодел, във всяка логична система има недоказуема аритметична истина. Тъй като човешкият ум може да разбере (*да осъзнае*) подобна истина, той превъзхожда принципно всеки мислим компютър. Гьодел, за разлика от по-късни автори, не твърди, че това *следва* от неговата теорема. В своята гибсова лекция той предлага алтернатива: *Или човешкият ум безкрайно превъзхожда възможностите на всяка крайна машина, или съществува абсолютно нерешим диофантов проблем*⁴⁰.

Думите на Пенроуз от [P94] (1.17) звучат като химн на платоновата философия: „Според учението на Платон, математичните понятия и истини съществуват в свой собствен, напълно реален свят, в който времето не тече и който не се намира на определено място. Това е идеален свят, различен от физическия, но необходим за неговото разбиране... Човешкият ум е способен да прониква непосредствено в царството на Платон, благодарение на способността си да „осъзнава“ математичните форми и да разсъждава за тях... Именно способността да осмисля понятията дава на ума мощ, далеч превъзходяща всичко, което може да се получи от смятащо устройство.“

Пенроуз е дълбок и влиятелен (макар и не моден) автор и неговите възгледи дават повод за спорове. Да чуем възраженията на Нелсън от Принстън, който се противопоставя косвено и на философските възгледи на Гьодел; и да не ги приемем, те ще ни помогнат да си изясним проблемите. В есето *Математика и вяра* [N], Нелсън започва с пример, който налива вода във воденицата на платонистите. Преди около 2500 години питаорейците наричат едно цяло число съвършено, ако то е сума на своите (по-малки от него) делители; така $6=1+2+3$, $28=1+2+4+7+14$, са съвършени (намерени са примери на съвършени числа и от по-ранна епоха – на вавилонски глинени плочки). Евклид (4-и век пр. Хр.) привежда доказателство, че ако $2^n - 1$ е просто число, то числото $(2^n - 1) \cdot 2^{n-1}$ е съвършено. Повече от 2000 години по-късно, Ойлер (1707-1783) показва, че всички четни съвършени числа са от този вид. Въпросът дали има нечетни съвършени числа е нерешен и до сега, 3-то хилядолетие след Питагор. Никоя друга област от човешка дейност не продължава през толкова различни епохи и култури. Нима това не говори в полза на платоновата представа, че числата съществуват – в света на идеите – независимо от математиците, които ги изучават? Нелсън възразява. Математиците, според него, не търсят истини, те доказват теореми. Доказателството е нещо конкретно, то е част от синтаксиса и може да се проверява от компютър. Ние разсъждаваме като Евклид и Ойлер и затова можем да продължим тяхното дело. *Истината*, от друга страна, е *семантично понятие*, то е съответствие между езиковата формулировка и реалността. Според Нелсън математиката не съответствува на никаква „платонова“ реалност. Ние не откриваме математическите твърдения, а ги създаваме, както скулпторите създават своите фигури от камъка. Нелсън пише като вярващ, който се бори с ерес: *Питаорейска религия днес не се практикува. Но Питагор е силно повлиял на Платон, и чрез Платон – на нас... Да вярваме в реалността на абстрактните идеи е съблазън, по-коварна от преклонението пред метални идоли...*

В първото от есетата [N], Нелсън тълкува думите на Пенроуз – „Що се отнася до най-догматично настроения формалист, имунизиран срещу Гьо-

дел, който даже не признава *съществуването* на математична истина, просто ще го игнорирам, тъй като той, очевидно, няма усещане за истинност – а именно за това е цялата дискусия!“ ([P89], с. 545 от българското издание) – като отказ от обсъждане на други мнения. Теоремата на Гьодел се базира на предположението, че аритметиката е съгласувана. Според Пенроуз (както и според авторите, които той цитира по този повод), математиците *съзнават* (имат прозрение), че в аритметиката наистина не може да има противоречие, въпреки че това твърдение не може да бъде доказано от нейните аксиоми. Нелсън не приема подобно разсъждение, тъй като в него се съдържа елемент на вяра. Позицията на самия Гьодел по въпроса не е така лесно да се обори. Той показва, че има по- силни (трансфинитни) аксиоми, от които следва съгласуваността на аритметиката⁴¹. Тогава остава въпросът дали тези по- силни аксиоми са съгласувани. Но за Гьодел аксиомите не са произволни. До тях се стига чрез анализ на понятията, които съществуват независимо от нас (както ни учат Платон и Лайбниц). Гьодел съзнава, че тук той навлиза в областта на философията, която още няма статуса на точна наука. Той не отхвърля семантичното понятие *истина*, а ни подсказва, че солта на неговата теорема е в играта между истина и доказуемост.

Вярата не е обидна дума за Гьодел, макар че той разбира, че неговите възгледи не са в духа на времето и ги споделя само с близки хора (или ги оставя в ръкописи, малка част от които са публикувани след смъртта му). В писмото до майка си от 1950 (цитирано като мото) той пише още: *Ние не разбираме нито защо този свят съществува, нито защо е такъв какъвто е, нито защо ние сме тук, нито защо сме родени тъкмо при тези, а не при други обстоятелства. Трябва ли тогава да си въобразяваме, че едно знаем сигурно: че няма и никога няма да има друг свят?* През 1961 (година, когато той се е чувствувал особено зле и може би е мислел, че се проща с майка си), той отговаря на неин въпрос дали ще се видят в отвъдното: *Ако светът е организиран рационално, то това трябва да стане. Какъв смисъл би имало да се създаде човек с такива големи възможности за индивидуално развитие и за връзки с другите и да не му се позволи да реализира и една хилядна от тях?* За това, че светът е рационален, Гьодел не изпитва съмнение. Мислите от писмата до майка му не са изолирани и случайни за него.

Гьодел високо цени работите на Abraham Robinson (1918-1974) по нестандартен анализ – според него, анализът на бъдещето – и се надява да направи техния автор свой наследник в IAS. Когато научава, че Робинсън е безнадеждно болен, през март 1974, Гьодел му пише сърдечно писмо, в което между другото казва: *Твърдението, че нашето его се състои от протеинови молекули, е най-смехотворното, което някога е правено* ([F05] раздел 5).

Сагата на повече от 20 годишен труд на заинтересувани логици, матема-

тици, историци, философи по подготовка за издаване на гьоделовото наследство (от 1982, когато Доусън започва да описва кутиите с ръкописи в мазето на Института в Принстън, до излизането, през 2003, на петия, за сега последен, том от събрани съчинения, [G]), все още не е завършила. Извън публикуваното остават над сто тетрадки по математика, „логика и основи“, философия, теология (включително църковна история), ... – всичко запълнено с излязлата от употреба Габелсбергерова стенография. Гьодел е оставил описание на нормален (т.е. не стенографски) немски, включващо 55 заглавия, на математическите работни тетрадки (виж [DD05]). Това дава стимул да се разчетат (и преведат) поне най-интригуващите от тях. С известен късмет редакторите откриват още първата година от работата немец (пенсионер-фотограф), живеещ в Ню Йорк, учили същата стенография като студент в Германия, но без математични познания. Той обучава съпругата на Доусън (която знае немски и математика) и те започват съвместна работа; след две години към тях се присъединява и ентузиаст японец (виж [F05], раздел 6). Те разчитат 750 от всичко 1212 страници от 16-те математически тетрадки; всички 391 страници с резултати по логика и основи; 715 от 1576 страници от философските тетрадки; част от разчетеното е преведена на английски. Уви, това се оказва недостатъчно: няма го Гьодел, който да извлече от своите записи добре разбран текст, достъпен за по-широк кръг читатели – математици и логици. Както пише Феферман, [F05], „изисква се значително по-нататъшно влагане на време, енергия и средства, за да се направи материалът използваем“ – в духа и на нивото на досега излезлите томове – „време, сили и средства, с които сегашният редакторски колектив вече не разполага... Несъмнено, още много бисери биха могли да бъдат извлечени, но ние ще трябва да ги завещаем на онези, които намерят сили и вдъхновение да продължат работата.“

Гьодел не е първият велик учен и философ, публикуването на чиито трудове заема много повече време от тяхното написване: неизвестни ръкописи на Нютон и Лайбниц бяха публикувани за пръв път през 20-и век.

Гьодел вярва, че трябва да има физически орган за възприемане на абстрактни понятия. „Такъв орган трябва да е тясно свързан с нервния център на езика... Сегашната примитивна теория по тези въпроси вероятно ще бъде сравнявана с атомната теория от времето на Демокрит“ ([W87], с. 190). За него пътят за познаване на понятията е *интроспекция*: самоанализ, *познаване на себе си*. Ако това е източник на ясната мисъл, която прави достъпни знаменитите му теореми, то е, може би, и причина за смътните страхове, довели до нелепата му смърт.

Неговата рационална философия е заразяващо оптимистична. Когато в нова еднотомна енциклопедия намираме статия за Витгенщайн (например),

но няма статия за Гьодел, това буди по-скоро усмивка (и съчувствие към автори и редактори, които робуват на недълговечна мода). Ричард Файнман казва, че след хиляда години хората ще смятат, че най-значителното събитие през 19-и век е откритието на законите на електродинамиката от Максуел. За мен няма съмнение, че докато има човешки разум, Курт Гьодел ще бъде помнен като най-значителният мислител на нашето време.

Благодаря на Михаил Бушев, Боряна Димитрова и Димитър Скорdev за техните критични бележки, взети под внимание в окончателната редакция на статията.

Литература

[CD00] John L. Casti, Werner DePauli, *Godel, A Life of Logic*, Perseus Publishing, New York 2000.

[D90] Joseph Warren Dauben, *Georg Cantor, His Mathematics and Philosophy of the Infinite*, Princeton University Press, Princeton, N.J. 1990.

[D97] John W. Dawson, Jr., *Logical Dilemmas. The Life and Work of Kurt Godel*, A.K. Peters, Wellesley, MA 1997.

[DD05] John W. Dawson, Cheryl A. Dawson, Future tasks for Godel scholars, *Bull. of Symbolic Logic* **11** (2005) 150-171.

[F86] Solomon Feferman, *Godel's life and work*, in [G], Vol. I, pp. 1-36.

[F05] S. Feferman, The Godel editorial project: a synopsis, *Bull. of Symbolic Logic* **11** (2005) 132-149.

[F06] S. Feferman, The impact of the incompleteness theorem on mathematics, *Notices of the AMS* **53**:4 (2006) 434-439.

[Fr06] T. Franzen, The popular impact of Godel's incompleteness theorem, *Notices of the AMS* **53**:4 (2006) 440-443.

[G] K. Godel, *Collected Works*, S. Feferman et al., eds., Oxford University Press, Vol. I. *Publications 1929-1936*, New York 1986; Vol. II. *Publications 1938-1974*, New York 1990; Vol. III. *Unpublished Essays and Lectures*, New York 1995; Vol. IV-V. *Correspondence*, Oxford 2003.

[G95] K. Godel, *Unpublished Philosophical Essays; With a Historico-Philosophical Introduction*, ed. by F. A. Rodriguez-Consuegra, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin 1995.

[H] D. R. Hofstadter, *Goedel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid. A Metaphorical Fugue on Minds and Machines in the Spirit of Lewis Carroll*, Penguin Books, London 1980.

[K80] G. Kreisel, Kurt Godel, *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* **26**(1980)148-224.

[M02] Yu. I. Manin, *Georg Cantor and his heritage*, arXiv:math.AG/0209244.

[ML87] D. G. Skordev (ed.) *Mathematical Logic and Its Applications*, Proceedings of the International Summer School and Conference, in honor of the 80th anniversary of Kurt's Godel's birth, held September 24-October 4, 1986, in Druzhba, Varna, Bulgaria, Plenum

Press, N.Y. 1987; see, in particular, J.W. Dawson, Jr., *Facets of incompleteness*, pp. 9-21, P.P. Petkov, *Godel's life and work*, pp. 23-36.

[N] Edward Nelson, *Mathematics and the Mind*, Tokyo lecture, 1999; *Mathematics and Faith*, Vatican paper, 2000; available electronically at <http://www.math.princeton.edu/~nelson/papers.html>.

[P89] Roger Penrose, *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics*, Oxford University Press, 1989; български превод: *Новият разум на царя. За компютрите, разума и законите на физиката*, Университетско изд. „Св. Климент Охридски“, София 1998; авторът отговаря на някои от отправените му критики в своята следваща книга:

[P94] Roger Penrose, *Shadows of the Mind, A Search for the Missing Science of Consciousness*, Oxford University Press, Oxford 1994; руски превод: *Тени разума*, Москва, Ижевск 2005.

[СЛ90] *Сказки по логика*, съставители Валентин Горанко и Соломон Паси, Университетско Изд. „Св. Климент Охридски“, София 1990; виж особено Д. Скордев, *Съществува ли канторовия рай и наистина ли е рай*, с.179-192.

[W87] Hao Wang, *Reflections on Kurt Goedel*, MIT Press, 1987.

[Y02] B. H. Yandel, *The Honors Class: Hilbert's Problems and Their Solvers*, A.K. Peters, Natick, MA 2003; виж особено *The Second Problem: I Am Lying (Mathematics Is Consistent)* pp. 37-58.

Бележки

¹ Solomon Feferman, президент на асоциацията по символна логика, е редактор на съчиненията на Гьодел, [G].

² T. Franzen, *Goedel's Theorem: An Incomplete Guide to Its Use and Abuse*, A.K. Peters, 2005.

³ Аyn Rand, псевдоним на Алиса Розенбаум (Санкт Петербург, 1905 – Ню Йорк, 1982), популярна в САЩ авторка на философския роман-бестселър „Atlas Shrugged“.

⁴ Виж пионерските у нас *Сказки по логика* [СЛ90], както и докладите на конференцията във Варна [ML87]. Галерия от портрети – на Гьодел, Кантор, Хилберт, Коен, Тюринг – се съдържа в [Y02]. Основни източници за мен са [K80] [F86] [W87] и монографията на Доусън [D97]. (Дори тя не задоволява математика-рецензент (S.R. Buss), понеже съдържала „само повърхностно изложение на техническата страна на теоремите на Гьодел“.)

⁵ Тогава Brunn, столица на Моравия, част от Австро-унгарската империя, роди на на физика-философ Ernst Mach (1838-1916) и на основоположника на психоанализа, Sigmund Freud (1856–1939) – виж [CD00]; от 1918, след поражението на „централните сили“, става провинция на Чехословакия.

⁶ Авторът на „Goethe“ е Houston Stewart Chamberlain (Southsea, Англия, 1855 – Bayreuth, Германия, 1927); женен за дъщеря на Рихард Вагнер, той става немски националист; има преписка и с българския цар Фердинанд.

⁷ Philipp Furtwangler (1869-1940), братовчед на диригента, ученик на Ф. Клайн в Гьотинген, професор във Виена от 1912, е парализиран; асистент му пише формули-те на дъската, когато той говори ([Y02], с. 44).

⁸ Hans Hahn (1879-1934), учи при виенския физик-философ Ernst Mach (1838-1916). Ранен през войната, се връща като професор във Виена, 1921; известен е с теоремата на Хан-Банах за продължение на линейни функционали.

⁹ Der Wiener Kreis е под влиянието на *Tractatus Logico-Philosophicus* на Ludwig Wittgenstein (1889-1951), макар че сам Витгенщайн не го посещава. Ръководител на кръжока е Moritz Schlick (1882-1936), негови предшественици в катедрата по философия на индуктивните науки са Max и Болцман; между участниците са още логическият позитивист Rudolf Carnap (1891-1970) (с когото Гьодел спори) и математикът Karl Menger (1902-1985).

¹⁰ По спомените на колежката му – математичка, Olga Taussky-Todd (1902-1995), цитирани от всички биографии.

¹¹ По-младият приятел на Гьодел, логикът Georg Krayzel, пише ([K80], с. 154-155): „I visited them quite often in the fifties and the sixties. It was a revelation to me to see him relax in her company. She had little formal education, but a real flair for the *mot juste*, which her somewhat critical mother in law eventually noticed too, and a knack for amusing and apparently quite spontaneous twists on a familiar ploy: to invent far fetched grounds for jealousy. On one occasion she painted IAS, which she usually called *Altersversorgungsheim* (дом за стари пенсионери), as teaming with pretty girl students who queued up at the office doors of permanent professors. Goedel was very much at ease with her style.“

¹² Неговото доказателство датира от 1970, когато той мисли, че умира (публикувано в [G], III; виж и [W87] с.195).

¹³ Gottfried Wilhelm Leibniz (Leipzig, 1646 – Hanover, 1716); неговата мечта за създаване на смятане, което да оперира с „азбуката на човешките мисли“ е осъществена от Гьодел ([W87], с. 2).

¹⁴ Първите стъпки прави своенравният Augustus De Morgan (1806-1871) ([Y02] с. 60); неговият приятел, самоукият George Boole (1815-1864), въвежда знаците за събиране и умножение вместо логическите връзки „или“ и „и“.

¹⁵ Немската школа води начало от Gottlob Frege (1848-1925); той въвежда съвременните универсални квантори („за всеки“, „съществува“) и други основни понятия от синтаксиса на предикатното смятане.

¹⁶ Georg Cantor (St Petersburg, 1845 – Halle, 1918) публикува през 1883 „Математико-философски опит в учението за безкрайното“; една година по-късно получава първата си нервна криза. Умира в психиатрична болница ([D90]).

¹⁷ Leopold Kronecker (Liegnitz, 1823 – Berlin, 1891) е противник на използването на актуални безкрайности и на неконструктивни доказателства. Негово е изказането, че Бог е създадел целите числа – всичко друго е ръкотворно.

¹⁸ David Hilbert (1862-1943) формулира своите проблеми на математическия конгрес в Париж, 1900, [Y02]; първата от тях се отнася до хипотезата на Кантор, че континуумът от реални числа е най-малкото неизброймо множество.

¹⁹ Bertrand Russell (1872-1970) и Albert North Whitehead (1861-1947) въвеждат теория на типовете (в *Principia Mathematica*, три тома, 1910-1913); известна е антиномията на Ръсел в теория на множествата.

²⁰ Ernst Zermelo (1871-1953) със своята аксиома за избора доказва възможността за добра наредба на множествата.

²¹ Радикалният холандец L.E.J. Brouwer (1881-1966) критикува в дисертацията си, 1907, възгледите на Хилберт, Ръсел и Планкаре. Противопоставя се на закона за изключеното трето и се отрича от класическата математика.

²² Важно е тя да включва аксиомите на аритметиката с умножение и събиране. За „аритметиката на Пресбургер“, в която не се включва умножението, е доказано (през 1928), че е съгласувана и пълна ([F06], с. 435)

²³ На него се позовава и Библията: „Един от тях, прорицател тихен, бе казал: критяните са винаги лъжци ... Това свидетелство е истинско.“ (Послание на свети апостол Павел до Тит, 1.12-13)

²⁴ Невъзможността да се дефинира понятието истина в даден формализиран език е доказана от Alfred Tarski (1901-1983) в публикация на полски от 1933; Гьодел достига независимо до този резултат, но се позовава на Тарски в по-късни лекции. Тарски емигрира в САЩ през 1939 и създава там школа по логика в Беркли, Калифорния.

²⁵ Paul Bernays (1888-1977) се консултира с Гьодел – в писма и когато пътуват заедно с кораб до Америка, 1935.

²⁶ Johannes von Neumann (Будапеща, 1903 – Вашингтон, 1957) „полимат“ (от математична логика, през квантова механика и операторни алгебри, до компютри, водородна бомба и клетъчни автомати); Oswald Veblen (1880-1960) и той способствува да бъде поканен Гьодел в новооткрития *Institute for Advanced Study* (IAS), в Princeton.

²⁷ С благожелателния прием на Менгер, в периода от октомври 1929 до юни 1935, Гьодел публикува 13 работи в Докладите на колоквиума – близо два пъти повече от отколкото през 38-те години, прекарани в Принстън.

²⁸ Възможна причина за високия процент от психични заболявания сред математици, от Кантор насам, работили по проблема на континуума, е обстоятелството, че в тази абстрактна област често се мисли без формули. Като че ли писането при подобна работа помага да се разтовари напрежението. (Наблюдение на колегата П. Николов.)

²⁹ Oskar Morgenstern (Gorlitz, Австрия, 1902 – Princeton, 1977) икономист, съавтор на фон Нойман в теория на игрите в икономиката; познава Гьодел още от Виенския кръг и е един от малкото негови приятели в Принстън.

³⁰ Paul Cohen (р. 1934) получава филдсов медал (Москва, 1966) за своето решение на проблема за континуума.

³¹ S. Chandrasekhar (Лахор, Индия, 1910 – Чикаго, 1995, Нобелова награда по астрофизика, 1983) критикува [1] заедно с друг известен релативист, J.P. Write. Срещу критиката възразява H. Stein (виж [D97], с. 184-185).

³² Става ясно, че подобни решения на уравненията на Айнщайн са намирани и

по-рано, но без да се разбира техният физичен смисъл – виж съвременния обзор на Б. Иванов, Class. Quantum Grav. **19** (2002) 3851-3861, в който се цитират по-ранни публикации, започвайки от статията на K. Lanczos, 1924 (преведена на английски, 1997).

³³ Цитат из писмо от 25.10.1965 до австрийския външен министър (по-късно канцлер) Bruno Kreisky (1911-1990).

³⁴ Wolfgang Pauli (Виена, 1900 – Цюрих, 1958, Нобелова награда, 1945) е в Института в Принстън от 1940 до 1946.

³⁵ „The one man who was, during the last years, certainly by far Einstein’s best friend, and in some ways strangely resembled him, was Kurt Goedel, the great logician. They were very different in almost every way – Einstein gregarious, happy, full of laughter and common sense, and Goedel extremely solemn, very serious, quite solitary, and distrustful of common sense as a means of arriving at the truth. But they shared a fundamental quality: both went directly and wholeheartedly to the questions at the very center of things“ (цитирано по [W87], с. 115); Ernst Gabor Straus (1922-1986), математик, асистент на Айнщайн в Принстън, 1944-48, по-късно – професор в Лос Анджелис.

³⁶ За Hermann Weyl (1885-1955) и Carl Ludwig Siegel (1896-1981) е разказано – живо и със симпатия – в [Y02].

³⁷ Из една от посмъртно публикуваните версии на лекцията: „Фактът (че математиката е неизчерпаема) се среща в своята най-проста форма, когато аксиоматичният метод се прилага ... към самата математика ...“ ([G95] с. 129).

³⁸ Jean van Heijenoort (ed.) *From Frege to Goedel: A Source Book in Mathematical Logic, 1879-1931*, Harvard University Press, 1967; за бурния живот на редактора – троцкист, лингвист и историк на математичната логика, застрелян на 74 години от петата си жена (преди да успее да завърши работата си по ръкописите на Гьодел, предназначени, по разказа на [F05], за том III от[G]) – виж: Anita B. Feferman, *Politics, Logic and Love*, A.K. Peters, Wellesley 1993.

³⁹ Bertrand Russell, *Introduction to Mathematical Philosophy*, първо издание: 1919.

⁴⁰ По името на гръцкия математик Диофант от Александрия (325-410); под диофантов проблем се разбира търсене на целочислени (или рационални) решения на (система от) полиномиални уравнения с цели коефициенти.

⁴¹ Виж J.W. Dawson, Jr., Goedel, inconsistency, provability and truth, *Notices of the AMS* **53**:4 (2006) 462.

ПЪРВИЯТ ИЗКУСТВЕН СПЪТНИК НА ЗЕМЯТА

Д. Динев

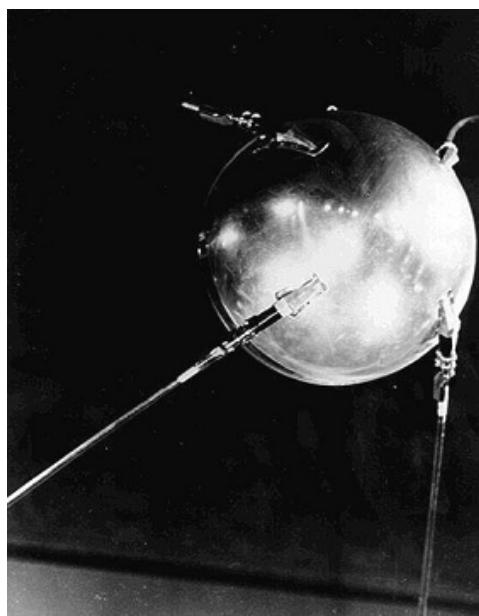
„Този първи изкуствен спътник на нашата планета беше малък, но неговите сигнали се разнесоха по всички континенти, като вънълъщение на една от най-дръзките мечти на човечеството.“

С. П. Корольов

1. Увод

На 4.10.1957 г. в 19 ч. 28 мин. UTC от полигона Байконур стартира ракетата-носител 8К71ПС. Тя извежда в орбита около Земята първия изкуствен спътник на нашата планета с кодовото название ПС-1 (простейшият спутник-1).

Спътникът има сферична форма с диаметър 0.58 m и тежи 83.6 kg – Фиг. 1.



Фиг. 1. Първият изкуствен спътник на Земята

тели и ракети. Основател на ГДЛ е Н. И. Тихомиров. Създадени са ракети с бездимен барут. Това е първата в света държавна организация за разработването на ракети.

Параметрите на орбитата са:

- начало на полета: 4.10.1957 г.
- край на полета: 4.01.1958 г.
- период на въртене: 96.17 min
- брой на обиколките: 1400
- наклон на орбитата: 65.1°
- перигей: 228 km
- апогей: 947 km

На спътника са разположени два радиопредавателя със системи за захранване.

4 октомври 1957 г. с право се счита за начало на космическата ера на човечеството.

2. Малко история

Ето някои основни моменти в развитието на ракетната техника в Русия.

• **1921 г.** В Москва е създадена Газодинамичната лаборатория (ГДЛ) със задача разработването на ракетни двигатели и ракети.

- **1930 г.** ГДЛ е преместена в Санкт-Петербург (тогава Ленинград) и минава на прякото подчинение на маршал М. Н. Тухачевски, отговаряящ за въоръжаването на армията. Щатният състав нараства до 200 человека.
- **1931 г.** В Москва е създадена т. нар. група за изучаване на реактивното движение (ГИРД). Под ръководството на С. П. Корольов¹ са разработени ракети с течно гориво.
- **1933 г.** В Москва на базата на ГДЛ и ГИРД е създаден Реактивният научно-изследователски институт (РНИИ). За директор на РНИИ е назначен И. Т. Клейменов, а за негов заместник – Г. Е. Лангенмарк. В научния съвет на института влизали С. П. Корольов, В. П. Глушко² и др.
- **1934 г.** Групата на С. П. Корольов създава управляема крилата ракета (212), изстреляна от бомбардировач ТБ-3, с далекобойност 10 km.
- **1937 г.** Групата на С. П. Корольов създава планер, снабден с ракетен двигател (РП-318). Създадени са реактивни снаряди за изстребителите И-15 и И-16. Създадени са установките „Катюша“, представляващи батарея от реактивни снаряди, изстреляни от подвижна платформа.
- **1937 г.** По заповед на И. В. Сталин е арестуван М. Н. Тухачевски и разстрелян като „враг на народа“. Започват масови арести на хора по един или друг начин свързани с него. Арестувани са и ръководителите на РНИИ Г. Е. Лангенмарк и И. Т. Клейменов. Те загиват в килиите на НКВД.
- **Март 1938 г.** Арестуван е В. П. Глушко – създател на ракетни двигатели с рекордни параметри. По сфабрикувано обвинение за вредителство е осъден на 8 г. затвор.
- **Юли 1938 г.** Арестуван е С. П. Корольов. Той е осъден за „измяна на родината“ на 10 г. затвор. Обвинен е за вредителство в областта на ракетната техника³!
- **1939 г.** По заповед на И. В. Сталин е арестуван и ръководителят на НКВД, главният палач Н. И. Ежов. Той също е екзекутиран по бързата процедура като „враг на народа“. На негово място като ръководител на НКВД е назначен Л. П. Берия.
- **1939 г.** Присъдата на С. П. Корольов е намалена на 8 г. Той е изпратен в концлагер, намиращ се в Колима.
- **1940 г.** С. П. Корольов, наред с много други специалисти по авиационна и ракетна техника, е преместен от концлагера в т. нар. „шарашка“³. Това е секретно опитно-конструкторско бюро (ОКБ), в което работят осъдени като „врагове на народа“ учени и инженери.
- **1945 г.** Впечатлен от успехите на немската ракета Фай-2 (V-2), И. В. Сталин заповядва предсрочното освобождаване от затвора на голям брой специалисти по ракетна техника, в това число и на С. П. Корольов и В. П. Глушко. Отпускат им се неограничени средства с единствената задача в най-кратко време да се създаде съветско ракетно оръжие.

• **Пролетта на 1945 г.** Видни руски специалисти по ракетна техника, между които С. П. Корольов, В. П. Глушко, Н. А. Пилюгин, В. И. Кузнецов, В. П. Бармин, са изпратени в окупирания Германия, за да се запознаят с немската ракета Фау-2. През октомври 1946 г. стотици немски специалисти по ракетна техника, заедно с техните семейства, са изпратени в СССР.

• **13.05.1946 г.** Секретно постановление на правителството за развитие на ракетната техника. Като начало е поставена задачата да се създаде копие на ракетата Фау-2.

• **18.10.1947 г.** От полигона Капустин Яр е изстреляна ракетата Р-1, пълен аналог на ракетата Фау-2. Тази ракета става родоначалник на серия от

ракети, разработени през периода 1947 – 1959 г. – Р2 с далекобойност 800 km, Р-5 с височина на издигане 512 km и полезен товар 1300 kg (известна още като „Вертикал“). Първото успешно изстреляване на Р-5М става на 21.01.1955 г. от полигона Капустин Яр.

• **12.02.1955 г.** Започва строителството на ракетния полигон Байконур.

• **1955 г.** Балистичната ракета със среден радиус на действие Р-5 е приета на въоръжение.

• **2.02.1956 г.** От полигона Капустин Яр е изстреляна ракетата Р-5М с ядрена бойна глава. На разстояние 1200 km от полигона бойната глава на ракетата е взривена и е осъществен наземен ядрен взрив.

• **11.01.1957 г.** Започва създаването на ракетния полигон Плесецк.

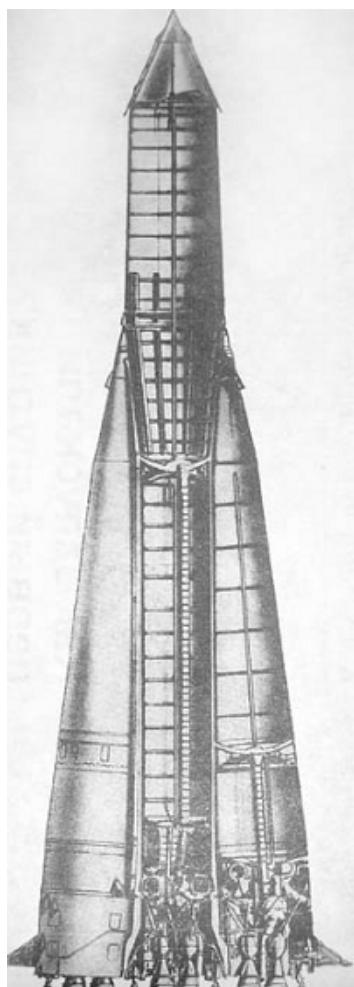
• **30.03.1957 г.** В НИИ-88 в град Загорск са проведени заключителни стендови изпитания на балистичната ракета Р-7.

• **15.05.1957 г.** Първи опит за изстреляване от полигона Байконур на балистичната ракета Р-7. Опитът е неуспешен.

• **21.08.1957 г.** Първо успешно изстреляване на балистичната ракета Р-7. Главата на ракетата пада в набелязания район на полуостров Камчатка.

3. Междуконтиненталната балистична ракета Р-7

Междуконтиненталната балистична ракета Р-7 (8Н71) е двуステпенна балистична ракета с отделя-



Фиг. 2. Междуконтиненталната балистична ракета Р-7

ща се бойна глава с тегло 5500 kg и далекобойност 8000 km. Натовското название на тази ракета е SS-6. Ракетата P-7 е разработена в Опитно-конструкторското бюро-1 (ОКБ-1) под ръководството на главния конструктор С. П. Королев. Конструкцията на ракетата е по т. нар. „пакетна схема“ – Фиг. 2.

Първата степен се състои от четири идентични блока с дължина 19 m и най-голям диаметър 3 m.

Те са разположени симетрично около централен блок, който играе роля на втора степен на ракетата. Използват се ракетни двигатели с течно гориво РД-107, разработени от В. П. Глушко. За гориво се използва керосин, а за окислител – преохладен течен кислород. Всеки двигател имал шест горивни камери и развивал тяга 90 t.

Ще отбележим, че конструкцията на ракетата Фау-2, възпроизведена в руската ракета P-1 и развита по-късно в ракетите P-2 и P-5, в края на четиридесетте години на миналия век е изоставена, а немските специалисти са върнати обратно в Германия. В. П. Глушко създава нова серия от ракетни двигатели.

P-7 има комбинирана система за управление, състояща се от автономна (жироскопна) и радиотехническа подсистеми.

Сред създателите на P-7, а по-късно и на първия изкуствен спътник на Земята са: С. П. Королев (главен конструктор), В. П. Мишин (първи заместник на Королев), С. С. Охапкин (заместник на Королев), В. П. Глушко (ракетни двигатели, ОКБ-456), А. М. Исаев (ракетни двигатели), В. П. Бармин (конструктор на ракетния полигон Байконур), К. Д. Бущуев (ръководител на проектанския отдел, проектиран P-7), С. С. Крюков (един от основните разработчици на P-7), Н. А. Пилюгин (системи за автономно управление, НИИ-885), В. И. Кузнецов (управляващи системи, НИИ-10), М. С. Рязански (системи за управление, НИИ-885), М. Д. Мелников (управляващи двигатели), А. И. Соколов (измерителни системи, НИИ-4), А. А. Дородницин (аеродинамика, ЦАГИ) и др.

Сложните математически пресмятания по конструкцията на ракетата и по динамиката на полета са извършени в отделението за приложна математика на Математическия институт на РАН (по-късно прерастнал в Институт за приложна математика), ръководен от М. В. Келдиш⁴.

Конструкцията на P-7 била много надеждна. По тази причина след първите успешни изстрелвания на ракетата като балистична ракета, тя е използвана и за изстрелването в орбита около Земята на първите два руски спътници.

Ракетата P-7 е в основата на следващите руски разработки на балистични ракети и на ракети-носители – „Вертикал“, „Космос“, „Восток“ и „Союз“.

4. Спутник-1 (ПС-1) – хроника на създаването

Идеята за изстрелването на изкуствен спътник на Земята започва да се обсъжда в ръководеното от С. П. Королев ОКБ-1 още през 1953 г. Королев

разглеждал създаването на изкуствени спътници на Земята (ИСЗ) и на междупланетни космически апарати не като на конюнктурна задача, а като ма- гистрално направление в развитието на науката и техниката.

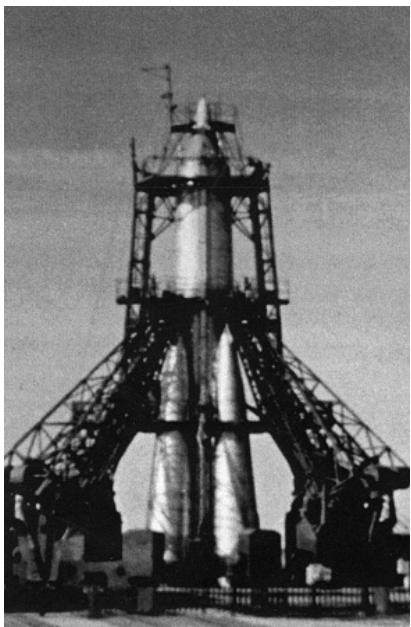
На 27.05.1954 г. Корольов се обръща към Д. Ф. Устинов, тогава министър на отбранителната промишленост, с предложение за създаването и изстреляването в орбита на ИСЗ. Предпроектното проучване е извършено от групата на М. К. Тихонравов. Разглежда се възможността за изстреляването на неориентиран ИСЗ, т. нар. „обект Д“.

Предложението е подкрепено от М. В. Келдиш.

От своя страна воените се опитват да докажат, че това е стъпка в неправилна посока, която ще отклони усилията от разработването на бойни междуконтинентални балистични ракети.

В докладната си записка С. П. Корольов проявява завидни тактически умения. Той набляга на сведенията за разгърналите се в САЩ проектно-конструкторски работи по създаването на американски ИСЗ и на големия политически ефект от изстреляването на такъв спътник. Корольов наблюдал на голямото пропагандно значение на това, кой пръв ще успее да истреля ИСЗ, СССР или САЩ.

На 30.01.1956 г. е прието постановление на министерския съвет за изстреляването през 1957-1958 г., с помощта на модифицирана ракета Р-7, на неориентиран ИСЗ (обект Д) с тегло 1000-1400 kg и с апаратура за научни изследвания с тегло 200-300 kg.



Времето на изстреляване на спътника било обвързано с Международната геофизическа година, която по решение на Международния геодезически и геофизически съюз трябвало да се проведе от 1.07.1957 г. до 31.12.1958 г.

Основната цел била СССР първи да изстреля ИСЗ.

По тази причина се отказали от идеята за добавянето към ракетата Р-7 на допълнителна трета степен. Налагало се също на спътника да се монтира съществуващата в момента тежка и енергоемка телеметрична апаратура и да се използват електрохимични източници на захранване. В надпреварата със специалистите от САЩ за приоритет С. П. Корольов се отказва на този етап от създаване-

Фиг. 3. Междуконтиненталната балистична ракета Р-7 на стартова позиция

то на система за ориентация на спътника, от използването на слънчеви батерии за захранване на апаратурата и от използването на възвращаем контейнер, който да върне обратно на Земята резултатите от проведените експерименти.

Работата по балистичната ракета Р-7 и по първия ИСЗ вървела трудно и значително изоставали от набелязаните срокове.

Това наложило още повече да се опроси конструкцията на ИСЗ и да се намали неговото тегло. Този първи спътник бил наречен „обект ПС“ (простейши спутник).

Н. С. Хрущов също настоявал СССР на всяка цена първи да изстреля ИСЗ.

На 7.02.1957 г. е прието коригирано постановление на министерския съвет, в което се предвиждало изстрелването на най-опростен, неориентиран ИСЗ, т. нар. „обект ПС“ и да се провери възможността за наблюдение на този спътник и за приемане на излъчваните от него сигнали.

По-тежкият спътник (обект Д) с маса 1327 kg и значителен обем научна апаратура е разработен в РАН и изстрелян като „Спутник-3“ едва на 15.05.1958 г.

На 21.08.1957 г. се състояло първото успешно изстрелване от полигона Байконур на междуkontиненталната балистична ракета Р-7 – Фиг. 3. Главата на ракетата се разбива в набелязания район на Камчатка. Взето е решение да се направи опит за изстрелване на спътника ПС-1.

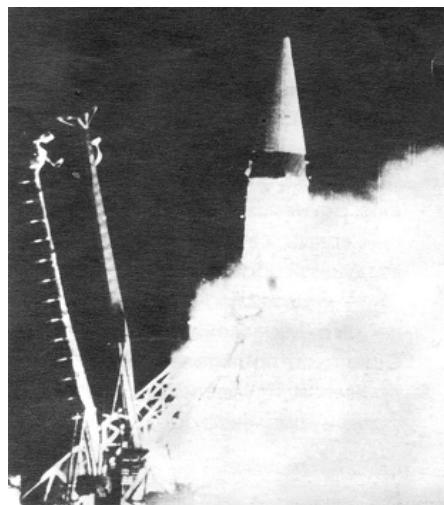
ПС-1 тежал само 83.6 kg. На борда на спътника имало само два радиопредавателя и захранващите батерии. Използвала се честота, която позволявала сигналите от спътника да се приемат от всеки радиолюбител – Фиг. 4.

Започнала подготовката за изстрелване на модифицираната ракета Р-7 с индекс Б1-1ПС и със спътника ПС-1, разположен под нейния член обтекател.

Стартът се състоял на 4 октомври 1957 г. в 19 ч. 28 мин. UTC и бил успешен – Фиг. 5. Над планетата се разнасят знаменитите сигнали „бип-бип-бип“.



Фиг. 4. Устройство на първия изкуствен спътник на Земята



Фиг. 5. Изстрелването на първия изкуствен спътник на Земята

5. Началото на космическата надпревара

Изстрелването на 4 октомври 1957 г. на първия ИСЗ било посрещнато в САЩ с голяма изненада.

Трябва да се припомни, че през петдесетте години на миналия век светът бил потопен в атмосферата на т. нар. „студена война“. Пропагандата от двете страни на „желязната завеса“ насаждала чувството за страх, за приближаваща голяма беда. Масово се строяли противоатомни скривалища. В САЩ бил в разгара си антисоветският, а в СССР – антиимпериалистическият пропаганда.

Наистина първият ИСЗ бил всичко на всичко с размерите на баскетболна топка и тежал само около 84 kg. Той нямал и не можел да има никакво военно значение.

Въпреки това психологическият ефект от изстрелването на първия ИСЗ бил огромен. Това било сериозен удар по престижа на най-мощната страна в света, САЩ. В американското общество настъпило разочарование. Разразила се истинска буря от критики към правителството и към президента Д. Айзенхауер.

Работата е в това, че още през 1955 г. САЩ обявили, че по време на Международната геофизическа година ще изстрелят свой ИСЗ. Проектът се наричал „Авантюри“ (Vanguard). В типичен американски стил всяка стъпка по създаването на спътника, на ракетата-носител и на измервателната апаратура била широко огласявана. В американското общество царяла пълна увереност, че САЩ първи ще изстрелят ИСЗ и че това ще стане през 1957 г.

И вместо това всеки радиолюбител можел да чуе знаменитите „бип-бип-бип“, а хиляди хора да наблюдават преминаването на „изкуствената звезда“ над главите им.

Неприятностите обаче не свършили.

На 3.11.1957 г. СССР извежда в орбита около Земята своя втори ИСЗ. Спътникът тежал вече 508.3 kg и на борда му се намирало кучето Лайка.

СССР определено започнал да печели пропагандната война, разгоряла се около космическите изследвания.

Това наложило в САЩ да се предприемат решителни мерки за разгръщането на широкомащабни научно-изследователски и проектно-конструкторски работи в областта на ракетната и космическата техника. Тази дейност минава под прякото наблюдение на президента на страната.

Като първа стъпка групата от немски специалисти по ракетна техника, начело с Вернер фон Браун⁵, която през 1944 г. се предава на американската армия и която работила в Редстоун (Redstone Arsenal, Huntsville, Alabama) върху разработването на балистични ракети за американската армия, била пренасочена към разработването на космическа техника. Пред В. фон Браун

била поставена задачата да изстреля ИСЗ с помощта на създадената от него ракета Редстоун.

На 6.12.1957 г. бил направен опит за изстрелването от космодрума Кейп Канаверал на спътника Авангард –1А с тегло 20 kg. Поради повреда в ракетата-носител опитът завършил с неуспех.

Всички надежди сега били насочени към великия В. фон Браун и разработвания от него спътник „Експлорър“. В. фон Браун и неговият екип в рекордно кратки срокове успели да модифицират балистичната ракета „Редстоун“ като ракета-носител. Той удължава горивните резервоари и добавя малка втора степен, работеща с твърдо гориво. Така модифицираната ракета е наречена „Юпитер-С“ (Jupiter-C или Juno). На 31.01.1958 г. спътникът „Експлорър“, с тегло от само 14 kg, е успешно изведен в орбита.

На 1.10.1958 г. се създава НАСА – Националното управление за аeronавтика и космически изследвания.

Започва космическата надпревара между СССР и САЩ.

6. Заключение

Вече беше отбелязано, че на първия ИСЗ нямало научна апаратура. Неговото изстрелване целяло по-скоро пропаганден ефект.

Както и при много от последвалите след първия ИСЗ космически полети, изстрелването на „Спутник-1“ не било лишено от проблеми. При старта на ракетата-носител е регистрирано закъснение в преминаването на основния двигател на един от страничните блокове към междинен режим на работа. Този двигател се включил в нужния режим на работа буквально в последната възможна секунда. Още малко закъснение и изстрелването би завършило с взрив. На 16-ата секунда от изстрелването повреда в една от системите довела до повишен разход на гориво. За щастие ракетата вече била достигнала до първа космическа скорост (7.8 km/s). След като спътникът бил изведен на орбита отказал радиопредавателят на телеметричната система.

Изстрелването и полетът на ПС-1 били детайлно анализирани и полученната информация използвана при последвалите скоро след това изстрелвания на „Спутник-2“ и на „Спутник-3“. Третият съветски ИСЗ съдържал вече значителен обем научна апаратура. Събирили се данни за йоносферата, за първичното космично лъчение и др.

Беше отбелязано също, че изстрелването на първия ИСЗ дава старт на ожесточена космическа надпревара между СССР и САЩ.

От една страна надпреварата в космоса ангажира огромни средства, които биха могли да се използват за други цели – образование, здравеопазване, опазване на околната среда и др. Това в особена степен важи за СССР, страна, която в течение на четиридесет години преживява: поражение в Руско-

Японската война (1904-1905 г.), две революции (1905 г. и 1917 г.), кръвопролитна гражданска война (1918-1923 г.), Руско-Финската война (1940 г.) и две опустошителни световни войни (1914-1918 г. и 1941-1945 г.). Да прибавим и Сталиновия геноцид от 1937-38 гг.

От друга страна обаче надпреварата в космическите изследвания дава силен тласък за развитието на науката и техниката. То стимулира бурното развитие на области като механика, аеродинамика, теория на трептенията, приложна небесна механика, изчислителна математика, радиотехника, електроника, автоматика, кибернетика, създаването на нови материали и др.

Какво биха представлявали астрономията и астрофизиката без десетки-те междупланетни станции и без изведените в околоземна орбита телескопи?

Как би изглеждала човешката цивилизация без космическите комуникационни и навигационни системи, без метеорологичните спътници, без дистанционното изследване на Земята от Космоса?

И това е само началото.



Бележки

1. С. П. Корольов (30.12.1906 – 14.01.1966).

Сергей Павлович Корольов, известен като „Главният конструктор“, е главен организатор и един от водещите конструктори на руските балистични ракети със среден и голям радиус на действие и на руските космически кораби

и апарати. Роден е в Житомир, Украйна, в семейството на учител по руски език. Още като юноша проявава голям интерес към авиацията и едва 17 годишен конструира безмоторния самолет К-5. Учи в Московското висше техническо училище (МВТУ). Като студент конструира планери и лекия самолет СК-4. През 1931 г. заедно с Ф. А. Цандер създава в Москва ГИРД – Група за изучаване на реактивното движение. В ГИРД Корольов създава първите руски ракети с течно горива ГИРД-09 и ГИРД-10. След разгрома на ГИРД през 1938 г. Корольов е арестуван и осъден на 10 г. затвор. Обвинен е, че бил член на антисъветска организация и, че вредителствал в областта на ракетната техника. Обвинението се базирало на показанията на трима сътрудници на Ракетния научно-изследователски институт (РНИИ), дадени след мъчения. На неговото вредителство приписали всички неудачи, станали в РНИИ с ракети и ракетни двигатели. Пред съда Корольов не се признава за виновен. Започва да пише

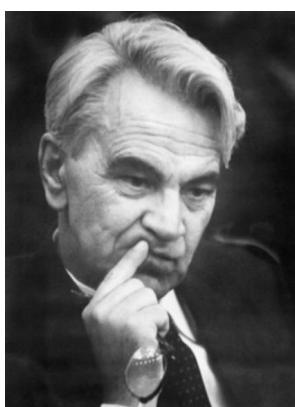
молби за преразглеждане на присъдата, включително и до Сталин, но те оставали без отговор. След разстрела през 1939 г. на Н. И. Ежов, като поредния „враг на народа“ и назначаването на негово място на Л. П. Берия присъдата на Корольов е преразгледана и намалена на 8 г. Изпратен е в концлагер, разположен в Колима. През 1940 г. Корольов се обръща с писмо до Берия, предлагайки в светлината на приближаващата война, своите услуги за разработването на военна ракетна техника. През септември 1940 г. е решено Корольов да бъде преместен в един от секретните институти-затвори, а именно ЦКБ-29 на НКВД. Тук той работи под ръководството на друг виден затворник, патриарха на съветската авиация, А. Н. Туполев. В института-затвор те създават знаменития бомбардировач Ту-2. Едновременно Корольов създава управляемо аероторпедо. По тази причина през 1942 г. той е преместен в друг институт-затвор, ОКБ на НКВД при Казанския авиационен завод. Тук той работи над създаването на ракетни двигатели за нуждите на авиацията. През 1946 г. Корольов е назначен в НИИ-88, като главен конструктор на балистични ракети с голям радиус на действие. Първата задача, поставена пред него, е да се създаде ракета-аналог на немската ракета Фау-2, т. нар. Р-1. Руският вариант на Фау-2 е успешно създаден. През 1950 г. балистичната ракета Р-1 е приета на въоръжение. През 1956-57 г. под ръководството на С. П. Корольов е създадена междуkontиненталната балистична ракета Р-7. Тя постъпва на въоръжение през 1960 г. С. П. Корольов бил талантлив инженер-конструктор и голям ентузиаст на ракетната техника и на използването на ракети за междупланетни полети. През 1955 г., далеч преди ракетата Р-7 да бъде готова и изпитана, той заедно с М. В. Келдиш и М. Н. Тихонравов се обръща към правителството с предложение за извеждането с помощта на тази ракета на ИСЗ. Тази му мечта се сбъдва на 4.10.1957 г., когато е изстрелян първият изкуствен спътник на Земята. Корольов започва да отдава все повече сили и време на създаването на космически аппарати. А на 12 април 1961 г. под негово ръководство е изстрелян и първият пилотиран космически кораб „Восток-1“, с космонавта Ю. А. Гагарин на борда.

2. В. П. Глушко (2.09.1908-10.01.1989). Валентин Петрович Глушко е роден в Одеса. Още като ученик проявява способности в най-разнообразни области – учи цигулка в Одеската консерватория при проф. Столяров, ръководи кръжок по природознание, има продължителна кореспонденция с К. Е. Циолковски. Пише книгата „Проблемът за изследването на планетите“. През 1925 г. става студент във Физико-математическия факултет на Ленинградския университет. Едновременно работи като оптик и механик. В дипломната си работа В. П. Глушко разработва проект за междупланетен кораб „Хелиоракетоплан“ с електрически ракетен двигател. След нейната защита е назначен в Газодинамичната лаборатория (ГДЛ) като ръководител на разработването на ракети с електрически двигатели и на ракети с двигатели, използващи



течно гориво. Разработка серия от ракетни двигатели ОРМ, използващи като гориво керосин, а като окислител азотна киселина. След създаването на Реактивния научно-изследователски институт (РНИИ) в Москва В. П. Глушко е преместен на работа в него като началник на сектор. През 1935 г. излиза неговата книга „Ракети-устройство и приложение“. През 1936 г. създава ракетния двигател ОРМ-65 с тяга 300 kg. Двигателят използвал за гориво керосин, а за окислител азотна киселина. За времето си това било двигател с рекордни характеристики. През март 1938 г. е арестуван по лъжливо обвинение и осъден като „враг на народа“ на 8 г. Като затворник е изпратен да работи в техническото бюро към Тушинския авиационен завод, а по-късно в завод №27 в Казан. Работи върху създаването на спомагателни самолетни течно-реактивни двигатели. През 1944 г. е реабилитиран и назначен за главен конструктор на ОКБ-СД. Разработка реактивни двигатели за самолети. През 1946 г. му е възложено да възпроизведе двигателя на немската ракета Фау-2, т.н. РД-100. От 1953 г. е член-кореспондент, а от 1958 г. действителен член на РАН. Под ръководството на В. П. Глушко са създадени над 50 ракетни двигатели с течно гориво използвани в 17 бойни и космически ракети. Бил е директор на НПО „Энергия“. Под неговото непосредствено ръководство е създаден руският космически кораб с многократно използване „Буран“ и космическата станция „Мир“.

3. Шарашка* Шарашка е жаргонното название на създадените в бившия СССР през периода 1934-1953 г. секретни научно-изследователски институти, в които работили осъдени като „врагове на народа“ учени и инженери. Една от първите „шарашки“ е създадена през 1934 г. В нея работили инженери, осъдени по процеса за т. нар. „Промпартия“. През 1938 г. е организиран Отдел на специалните конструкторски бюра към НКВД. Най-голям разцвет системата на „шарашките“ получава след 1949 г., когато към редица предприятия са създадени секретни конструкторски бюра, в които работили специалисти-затворници. След смъртта на И. В. Сталин през 1953 г. системата на „шарашките“ е разформирована.



4. М. В. Келдиш (1911-1978). Мстислав Всеволодович Келдиш, главният теоретик на руската ракетна и космическа техника, е крупен учен в областта на приложната математика и механиката. Професор от 1937 г., академик от 1946 г. Създател и директор на Института за приложна математика на РАН (1961-1978). Президент на РАН (1961-1974). Научните трудове на М. В. Келдиш са в областта на механиката, аеродинамиката, теорията на трептенията, комплексния анализ и др. Има значителен принос за развитието на изчислителната математика в Русия. М. В. Келдиш притежавал удивителната способност да създаде подходящ математичен модел за всяка конкретна инженерна задача, да приложи ефективен математичен метод за ре-

* шарашка (руск.) пръчка, тояга (за бой)

шаването на всяка сложна техническа задача. М. В. Келдиш ръководил научните изследвания в областта на динамиката на ракетите и по приложна небесна механика. Оглавяваният от него колектив извършва проектирането на космическите полети до Луната, Марс и Венера.

5. Вернер фон Браун (1912-1977). Вернер фон Браун (Wernher von Braun) е един от най-видните учени и конструктори, работили в областта на ракетната техника и космическите изследвания. В. фон Браун проявява интерес към космическите полети и ракетите още през юношеските си години, като сътрудничи на Немското ракетно дружество (Verein fur Raumschiffahrt, VfR). Воден от желанието си да конструира и създава ракети, В. фон Браун започва да работи за немската армия. Той е лидер на т. нар. „ракетна команда“, която в годините на Втората световна война създава знаменитите немски балистични ракети Фау-2 (V-2). Екипът на В. фон Браун работи в секретна лаборатория в Пенемюнде (Peenemunde) на балтийското крайбрежие. Първото изпитание на ракетата Фау-2 е през октомври 1942 г. Ракетата се използва като оръжие от септември 1944 г. По време на войната са изстреляни над 3500 бойни ракети, главно срещу Великобритания. Фау-2 е балистична ракета с радиус на действие 300 km. Тя има бойна глава с тегло 1000 kg. Използва се ракетен двигател с течно гориво. За гориво се използва етанол и вода, а за окислител течен кислород. Фау-2 използвала жироскопична навигационна система. Пред лицето на приближаващия крах на нацисткия режим В. фон Браун се предава през 1945 г. на американската армия. Самият В. фон Браун бил член на нацистката партия. Той отнася със себе си голямо количество техническа документация и ракети. Заедно с него на американците се предават и над 500 водещи германски специалисти по ракетна техника. Първите 15 г. от пребиваването си в САЩ В. фон Браун и екипа от немски ракетни специалисти работят върху създаването на балистични ракети за американската армия, в това число на ракетата „Юпитер“. На 31.01.1958 г. с помощта на разработената под негово ръководство ракета „Юпитер-С“ (Jupiter-C или Juno) е изстрелян първият американски ИСЗ „Експлорър“. От 1960 г. В. фон Браун се занимава със създаването на космическа техника. Той става директор на центъра за космически изследвания „Дж. Маршал“ на НАСА. За НАСА В. фон Браун разработва прочутата ракета-носител „Сатурн-V“ (Saturn-V), която отведе американските астронавти до Луната.



През 1999 г. „Светът на Физиката“ (т. XXII, 1999 г., кн. 1-4) представи като „Четиво с продление“ четири избрани глави от бестселъра на Стивън Уайнбърг „Мечти за окончателна теория“. Спомням си как Мишо Бушев, който се бе заел с превода и представянето на книгата се оплакваше, че най-трудното въщност е ... подбора на материала. Сега, вземайки като повод публикуваните в нашето списание на няколкото текста на големи съвременни физици, за връзката между наука и вяра, си позволявам „да пробутаме“ още една глава (XI) от тази забележителна книга (преведена на много езици и с многохиляден тираж, но така и не намерила български издател), с нетривиално мнение по дискутирания проблем.

Н.А.

А КАКВО ДА КАЖЕМ ЗА БОГА?

Стивън Уайнбърг



„Небесата разказват славата Божия, а твърдта възвишиава делото му“. На цар Давид или на онзи, който е написал този псалм, явно, звездите са изглеждали като зрими свидетелства за по-висшето съществуване, напълно неприличащо на нашия скучен подлунен свят от скали, камъни и дървета. От времето на Давид е изтекла много вода. Слънцето и другите звезди отдавна са загубили специалния си статут. Днес ние знаем, че това са сферични тела от нажежен газ, свивани от силите на притегляне, които противодействат на силите на топлинно налягане, възникващи за сметка на термоядрените реакции, протичащи в сърцевините на звездите. За

славата Божия тези звезди ни говорят ни повече, ни по-малко, отколкото камъните около нас.

Ако съществува нещо, което ние можем да открием и което би проляло никаква светлина за делото на ръцете Божи, то това са окончателните закони на природата. Ако знаехме тези закони, бихме имали в разположение книга с правила, управляващи звездите, камъните и всичко останало. Физикът Стивън Хокинг нарича законите на природата Божествен разум [1], и това е напълно оправдано. Друг физик, Чарлз Мизнер, използва подобна метафора [2], сравнявайки перспективите за развитие на физиката и химията: „Химик-органик на въпроса „Зашо съществуват 92 елемента и кога са били създадени?“ може да отговори: „Това го знаят в съседния кабинет“. Но ако попитат

физик: „Защо Вселената е устроена така, в нея действат тези, а не други физични закони?“ може спокойно да отговори: „А Бог знае ...“.

Веднаж Айнщайн е казал на своя асистент Ърнест Шварц: „Това, което наистина ме интересува, е въпросът имал ли е Бог избор, създавайки нашия свят? [3]. По друг повод той формулира целта на заниманията си с физика „не само да разбере какво представлява природата и как се водят нейните дела, но и да се приближи, доколкото това е възможно, към утопичната и изглеждаща самонадеяна цел – да разбере защо природата е тъкмо такава, а не друга ... Да узнае, така да се каже, не би ли могъл Господ да построи нещата по друг начин, различаващ се от сега съществуващия ... В научното изследване има прометеев елемент ... Това за мен винаги е била особената магия на научното изследване“ [4]. Религията на Айнщайн е била толкова неопределена, че затова, както на мен ми се струва, той винаги се е изразявал метафорически; това се чувства и тук по вметката „така да се каже“. Без съмнение подобна метафора е напълно естествена за физици, защото физиката е фундаментална наука. Както е отбелязал теологът Пол Тилих [5], сред учените само физиците са способни да употребяват думата „Бог“ без големи смущения. Вярва ли в нещо или е атеист, той неизбежно прибягва до тази метафора, особено когато говори за окончателните закони като проявление на Божествения разум ...

Веднаж аз се натъкнах на това на съвсем неочеквано място – на заседание в Палатата на Представителите във Вашингтон. През 1987 г. давах показания в защита на проекта за Свръхпроводящ Супер Колайдер (ССК) пред комисия на палатата по наука, космически изследвания и технологии. Описах как в процеса на изучаване на елементарните частици откриваме закони, които са все по-универсални и взаимно съгласувани, и че ние подозирате, че това не е случайност, че съществува красота на тези закони, отразяваща нещо, вложено в структурата на Вселената на най-дълбоко ниво. След моето изказване и бележките на другите свидетели, последваха въпросите на членовете на комитета. Не след дълго те преминаха в диалог между двама от тях – конгресмена Харис Фавел, републиканец от Илинойс, който се отнасяше положително към проекта, и конгресмена Дон Ритеп, също републиканец, но от Пенсилвания, бивш инженер-металург, който беше един от наи-яростните противници на проекта в конгреса [6].

Г-н Фавел: ... Благодаря Ви д-р Уайнбърг. Аз съм напълно удовлетворен от Вашите показания. Считам ги за забележителни. Ако някога ми потряба да обясня някому защо е необходим ССК, ще се обърна за помощ към вашите показания. Те ще бъдат много полезни. Понякога ми се иска това да може да бъде изразено с една дума, въпреки че виждам, че това е почти невъзможно. Но мисля, че Вие, д-р Уайнбърг, стигнахте близо до това, въпреки че не

съм уверен дали правилно съм записал Вашата мисъл. Вие казахте, че подозирате, че не случайно съществуват закони, управляващи материята, и аз си отбелязах – не може ли по този път да се намери Бог? Уверен съм, че Вие не казахте точно това, но дали наистина това не може да ни помогне да разберем толкова много за Вселената?

Г-н Ритер – Настоява ли уважаемият колега на казаното? Ако ми бъде позволено за минута да прекъсна джентълмена, бих искал да изтъкна ...

Г-н Фавел – Не съм уверен, че бих настоявал ...

Г-н Ритер – Ако тази машина може да направи това, аз съм готов да изменя своята гледна точка и да подърjam проекта.

Аз проявих достатъчно чувство за здрав смисъл да не вляза в спор, защото не мислех, че конгресмените се интересуваха от моето мнение за търсенето на Бога на ССК, както не вярвах, че като изложа моите разбирания по този въпрос, ще бъде в полза на проекта.

Представата на някои хора за Бога са толкова широки и гъвкави, че те неизбежно намират своя Бог навсякъде, където обърнат поглед: „Бог е границата на всичко“, „Бог е най-доброто нещо“ или „Бог – това е Вселената“. Разбира се, на думата „бог“, както и на всичко друго, може да се придае какъвто смисъл си пожелаем. Ако искате да заявете, че „Бог е енергия“, то можете да установите Бог и в куп въглища. Но ако тази дума има за нас някаква ценност, то ние трябва да уважим смисъла, който истирически е бил влаган, запазвайки различията, които не позволяват смесването помежду им.

Струва ми се, че ако се налага да се използва думата „бог“, то трябва да се подразбира заинтересованият Бог, Създателя и Законодателя, установил не само законите на Природата и Вселената, но и нормите на добро и зло, на Личност, проявяваща участие в нашите дела, казано накратко – същество, на което заслужава да се покланяме. (На всички трябва да е ясно, че обсъждайки тези неща, аз говоря само от свое име, и че в тази глава аз игнорирам всички изисквания за компетентност). Става дума за онзи Бог, който е имал значение за мъжете и жените през цялата човешка история. Учените и някои хора използват понякога думата „бог“ за означаване на нещо толкова абстрактно и неопределено, че не е възможно да Го отключиш от законите на природата. Айнщайн казва, че той вярва „в Бога на Спиноза, проявяващ се в хармонията на всичко съществуващо, а не в Бога, занимаваш се със съдбите на хората и дейността на човешките същества“ [7]. Но има ли за нас някаква разлика в това да използваме думата „бог“, вместо думите „ред“ или „хармония“, с изключение, може би, желанието да избегнем обвинението в безбожие? Разбира се, всеки е свободен да използва думата „бог“ в такъв смисъл, но ми се струва, че в такъв случай понятието за Бог става не толкова неправилно, но не много съществено.

Ще намерим ли заинтересованото божество в окончателните закони на природата? В самата постановка има нещо абсурдно, и не само защото и досега не знаем окончателните закони, но в наи-голяма степен защото ние не можем даже да си представим, че можем да ги притежаваме тези окончателни закони, които няма да изискват обяснение с помощта на още по-дълбоки принципи. Но колкото и необмислен да се оказва този въпрос, едва ли можем да се удържим от изкушението да разберем, ще можем ли да намерим някакъв отговор на нашите най-дълбоки въпроси, ще видим ли някакви признания на дейността на заинтересувания Творец в окончателната теория. Аз мисля, че това няма да се случи.

Целият наш опит по протежение на цялата история на науката свидетелства за обратното движение – към хладна безличностност на законите на природата. Първата голяма крачка в тази посока е демистификацията на небесата. На всички са известни главните действащи лица: Коперник, Галилей, обосновал правотата на Коперник [8], Бруно, изказал догадката, че Слънцето е само едно от множествата звезди, и Нютон показал, че едни и същи закони на движение са приложими както за Слънчевата система, така и за телата на Земята [9]. Предполагам ключевото наблюдение за Нютон е било това, че един и същ закон за привличане управлява движението на Луната около Земята и движението на тела, падащи на повърхността на Земята. Още една голяма крачка за ръвенчаване на тайнствената роля на небето е направена през XX век от американския астроном Едуин Хъбъл. Измервайки разстоянието до мъглявината Андромеда, Хъбъл показва, че тя (а следователно и хиляди други подобни на нея) се намира не на края на нашата Галактика, а представлява самостоятелна галактика, не по-малко впечатляваща от нашата. Съвременните космологи говорят даже за принцип на Коперник: нито една космологична теория не трябва да се възприема сериозно, ако в нея на нашата Галактика се преписва някакво по-особено място във Вселената.

Животът също загуби тайнственото си покривало. В началото на XIX век Юстус фон Либих и други химици-органици показаха, че не съществува препятствие за лабораторен синтез на ред химически съединения, например, пикочната киселина, свързана с жизнени феномени. Най-важни се оказаха изследванията на Чарлз Дарвин и Алфред Ръсел Уольс, които показаха, по какъв начин чудесните способности на живите същества са могли да бъдат развити по пътя на естествения подбор без всякакъв предварителен план и ръководство. През XX век процесът на демистификация се ускори, за което свидетелстват непрекъснатите успехи на биохимията и молекулярната биология при обяснение на дейността на живите същества.

Изчезването на тайнственото покривало над жизнените явления оказа значително по-силно влияние върху религиозните чувства, отколкото кое и

да е откритие във физиката. И затова не е удивително, че най-непримиримо противодействие продължават да срещат не откритията във физиката и астрономията, а редукционизмът в биологията и теорията на еволюцията.

Даже и от учени може да се чутят намеци за витализъм, т.е. вяра, че съществуват биологични процеси, които не могат да се обяснят с помощта на химията и физиката. През XX век биолози (включително и антиредукционисти като Ърнест Майер) като цяло се стараят да се разграничават от витализма, но не по-далеч от Ервин Шрьодингер, който през 1944 г. в книгата си „Що е живот?“ пише, че „ние вече знаем достатъчно за материалната основа на живота, за да можем точно да кажем защо съвременната физика не може да опише това явление“. Доводите на Шрьодингер се свеждат до това, че генетичната информация, управляваща живите организми, е извънредно устойчива и не може да се впише в света на непрекъснатите флуктуации, описвани от законите на квантовата механика и статистическа физика. Грешката на Шрьодингер беше отбелязана от Макс Перутц [10], специалист по молекуларна биология, установил между другото и структурата на хемоглобина: Шрьодингер не е взел под внимание устойчивостта, която може да поддържа химическите процеси, известна като ензимен катализ.

Вероятно, един от най-уважаваните учени, критикуващи теорията на еволюцията, професор Филип Джонсън [11] от Калифорнийския юридически институт, признава, че еволюцията може и да се е състояла и че в някои случаи тя е била свързана с естествения подбор, но според него – и той настоjava на това – „не съществуват неопровергими експериментални доказателства“, че еволюцията не се управлява от никакъв Божествен план. Разбира се, няма как и да се надяваме никога да бъде доказано, че никаква съръхестествена сила не е натискала никакви лостове, благоприятствали едни мутации и потискала други. Но същото може да се каже за всяка научна теория. Успешното приложение на законите на Нютон или Айнщайн за движението на телата в Слънчевата система не пречи никак на предположението, че понякога някоя комета получава слаб тласък от Божествената канцелария. Напълно ясно е, че Джонсън поставя този въпрос не от желание да прояви безпристрастна непредубеденост, а защото по религиозни съображения той е по-загрижен за проблемите на живота, отколкото за движението на кометите. Обаче, единственият път, по който може да върви коя и да е наука, е предположението, че никаква Божествена намеса не е имала и да се види доколко напред можем да се придвижим при това.

Джонсън се опитва да докаже, че естествената еволюция, „еволюцията, която се извършва без участието или ръководството на Създателя, „намиращ се извън природния свят“, в действителност не позволява по удовлетворителен начин да обясни произхода на видовете. Струва ми се, че той греши,

понеже недостатъчно чувства проблемите, с които се сблъсква всяка научна теория при опита да опише това, което ние наблюдаваме. Даже да оставим на страна чистите грешки, нашите изчисления и наблюдения винаги се основават на предположения, излизящи извън рамките на валидност на теорията, която проверяваме. Никога не е имало положение, когато изчисления, основаващи се на нютоновата теория на притеглянето или коя и да е друга теория, да се намира в идеално съгласие с всички експерименти. В трудовете на съвременните палеонтолози и биолози-еволюционисти могат да се забележат проблеми, които са добре познати на физиците. Използвайки теорията на естествената еволюция, биолозите имат работа с поразително успешна теория, която обаче не е завършена, за да може да обясни всички факти. Убеден съм, че е извънредно важно и че можем да се придвижим далече напред в обяснението на света не само във физиката, но и в биологията, без при това да прибягваме до Божествената намеса.

Обаче Джонсън е прав в друго отношение. Той показва, че между теорията на естествената еволюция и религията в нейното всекидневно разбиране съществува пропаст, и рязко критикува онези учени и педагози, които отричат това. Той настоява, че „естественият подбор е съвместим със съществуването на Бог само при условие, че под думата „бог“ се подразбира не повече от първопричината, спряла да действа след установяване на законите на природата и пускането в действие на естествения механизъм“.

Проблема на несъвместимостта на съвременната теория на еволюцията и вярата в заинтересувания Бог, според мене, не се отнася до логиката. Може да се възрази, че Бог е установил законите на природата и привел в действие механизма на еволюцията с намерение някога в резултат на естествения подбор да се появим ние с вас, обаче съществува реална несъвместимост на темпераментите. В края на краищата религиозните чувства възникват не в главите на мъже и жени, които се занимават със спекулации за снабдения даром предвиддане за първопричина, а в сърцата на онези, които тъгуват по непрекнатото вмешателство на заинтересования Бог.

Религиозните консерватори, за разлика от либералните им опоненти, разбират колко високи са залагнията в споровете за преподаване на теорията на еволюцията в училищата.. През 1983 г., скоро след установяването ми в Тексас, бях поканен да се изкажа пред комисия на сената в щата Тексас по повод закона, забраняващ излагането на еволюционната теория в издаваните за сметка на щата учебници за висшите училища, ако в тях равно количество страници не са посветени на креационизъм. Един от членовете на комитета ме попита, как може щатът да подържа преподаване на научна теория, подобна на теорията за еволюцията, която действа така разрушително на религиозните чувства. Отговорих, че би било неправилно, ако привърженик на ате-



изма отделя на теорията на еволюцията поголямо внимание, отколкото това е необходимо за преподаването на биология, но съгласно първата поправка на Конституцията би било също толкова неправилно да се отделя по-малко внимание на еволюцията, за да се защищават религиозните вярвания. Просто това не е работа на учебните заведения – по един или друг начин да се обсъждат религиозните приложения на научните теории. Моят отговор не удовлетвори сенатора, понеже той, както и аз знаехме какъв ефект би имал курс по биология, в който на еволюционната теория не е отделено достатъчно място. Когато напусках залата, той

промърмори зад гърба ми: „Въреки всичко Бог е на небето“. Може и да е така, но все пак битката я спечелхме: в издаваните в щата Тексас учебници за висшите училища не само е разрешено, но се изисква излагането на съвременната теория на еволюцията, при това без да се налагат креационистки глупости. Но на Земята има много места (в наши дни особено в страните на ислама), където тази битка все още предстои, при това без увереност, че тя ще бъде спечелена.

Често може да се чуе, че между религията и науката няма противоречие. Например, в рецензията за книгата на Джонсън Стивън Гулд отбелязва, че религията и науката не си противоречат, защото „науката изучава фактическата действителност, а религията изследва човешкия морал“ [12]. До голяма степен аз съм съгласен с Гулд, но тук той стига много далеч. Значението на религията се определя от това в какво вярват хората, но аз предполагам, че голяма част от вярващите по света ще бъдат удивени като узнаят, че религията няма отношение към фактическата действителност.

Обаче в наши дни гледната точка на Гулд е широко разпространена сред учени и религиозни либерали. Това ми се струва сериозно отстължение на религията от доскоро заеманите позиции. Навремето природата е била необяснима без нимфа във всеки ручей и дриада на всяко дърво. Даже към края на XIX век развитието на растение или животно се е разглеждало като явно доказателство за съществуването на Твореца. В природата съществуват безброй количество неща, които ние не можем да обясним, но редполагаме, че знаем принципите, на които се основават. Онзи, който се интересува от истински тайни, да се обърне към космологията и физиката на елементарните частици. А онези, които не виждат никакъв конфликт между религия и

наука, трябва да признаят, че религията практически напълно е отстъпила от територията, заемана от науката.

Съдейки по историческия опит, предполагам, че макар и занапред ще се възхищаваме от красотата на окончателните закони на природата, едва ли ще установим никакъв специален статус за живота или разума. Нещо повече – няма да открием никакви стандарти за морални ценности. Така че ние няма да намерим никакви указания за съществуването на какъвто и да е Бог, загрижен за такива неща. Моралните принципи могат да се открият където ни е угодно, само не и в законите на природата.

Трябва да призная, че понякога природата изглежда по-красива, отколкото това е строго необходимо. Зад прозореца на моят домашен кабинет расте широкостволно дърво, на което често преливат ята птици: светло сини сойки, *virei* с жълти шии и най-редките, но и най-красиви червени *кардинали*. Въреки че достатъчно добре разбирам по какъв начин в резултат на съперничеството на самците постепенно се е развило това ярко оцветяване на перата, възниква почти непреодолимото желание да си въобразя, че цялата тази красота е била създадена някога за наша радост. Обаче тогава богът на птиците и дърветата трябва да бъде също и богът на вродените недостатъци и на рака.

Вярващите хора в течение на столетия се опитват да решат проблема на теодицеята, т.е. проблема за съществуването на страдания в свят, който, по предположение се управлява от Бог, носещ само благо. Били са намерени хитроумни решения на този проблем, основаващи се на различни предположения. Не смяtam да се опитвам даже да възразявам срещу тези решения, още по-малко да предлагам свое собствено. Споменът за Холокоста ме отблъскава от всянакъв опит за оправдаване на отношението на Бога към Човека. Ако съществува Бог, имащ към човека особени планове, тогава изглежда Той е запратил своята загриженост доста надалеч. Струва ми се невежливо, да не кажа неучтиво, да отправям към такъв Бог своите молитви.

Далеч не всички учени ще се съгласят с моите мрачни възгледи за окончателните закони. Не познавам никого, който открыто ще заяви че съществуват научни свидетелства за съществуването на Бог, но редица учени настояват на особения статус на разумния живот в природата. Разбира се, ясно е, че на практика биологията и психологията трябва да се изучват по свой, специфичен начин, използвайки свой език, различен от езика на физиката на елементарните частици, но това не е признак за никакъв особен статус на живота или разума; но пък това е вярно също за химията и хидродинамиката. Ако пък от друга страна установим в окончателните закони, в точката на съединение на всички стрелки на обясненята на особената роля на разумния живот, ние с пълно основание ще можем да заключим, че Създателят, установ-

вил тези закони, е някак си специално заинтересован от нашето съществуване.

Джон Уилър е поразен от факта, че според стандартната кионхагенска интерпретация на квантовата механика, е невъзможно точно да се каже, че физичната система притежава определени стойности на такива величини като координати, енергия и импулс, докато тези величини не са измерени с прибор от някакъв наблюдател. Според гледната точка на Уилър, за да се предаде някакъв смисъл на квантовата механика, е необходим някакъв тип разумен живот. Неотдавна Уилър отиде още по-далеч и изказа хипотезата, че разумния живиот не само е бил длъжен да се появи, но трябва и да се разпространява и в цялата Вселена, за да може, рано или късно, всеки бит информация за състоянието на Вселената да стане достъпна за наблюдение. За мене изводите на Уилър представляват ярък пример за опасностите, свързани с излишно сериозното възприемане на доктрината на позитивизма, којто твърди, че науката трябва да има работа само с неща, които може да наблюдава. Други физици, и аз в това число, предпочитаме различна, по-реалистична гледна точка на квантовата механика, основаваща се на понятието за вълнова функция, описваща не само атомите и молекулите, но и лабораториите, и наблюдалите в тях, като при това, законите, които се управляват от тази функция, не зависят от съществуването на наблюдателя.

Някои учени придават особен смисъл на факта, че стойностите на някои константи изглеждат специално подбрани, така че във Вселената да може да възникне разумен живот. Не е ясно има ли нещо съдържателно в това наблюдение, но даже да е така, от това не може да се направи извод за действието на Божествената сила. В редица космологични теории тъй наречените природни константи (например, масите на елементарните частици) се менят от място на място или от един момент на времето към друг, даже нещо повече – от една слгаема във вълновата функция на Вселената към друга. Ако това беше така, то както видяхме, всички учени, изучаващи законите на природата, би трябвало да живеят в такава част на Вселената, в която природните константи имат стойности, приемливи за еволюцията на разумния живот.

Да направим една аналогия. Да допуснем съществуването на планетата Земя-щрих, съвпадаща във всяко отношение с нашата земя, освен в едно: човечеството на тази планета е развило физиката, без да знае нищо за астрономията. (Може да си представим например, че повърхността на Земя-щрих винаги е покрита с гъсти облаци). Студентите на Земя-щрих имат учебници, на чиито корици са отпечатани таблици с физичните константи. В тях са изброени скоростта на светлината, масата на електрона, и т.н., а също и още една „фундаментална“ константа, равна на 1,99 калории/мин.см², изразяваща количеството енергия, достигаща повърхността на Земя-щрих от някакъв

неизвестен източник. На нашата Земя тази константа се нарича Слънчева постоянна, понеже ние знаем, че тази енергия идва от Слънцето, но на Земя-щрих никой не може да каже откъде се взема тази енергия и защо тя има тази стойност. Някои физици на Земя-щрих могат да забележат, че наблюдаваната стойност на тази константа по удивителен начин е приспособена към възникването на живот. Ако Земята-щрих получаваше много повече или много по-малко енергия от 2 калории на минута на квадратен сантиметър, то водата в океаните трябваше да се изпари или да се превърне в лед, така че на Земя-щрих нямаше да има вода, където да се зароди и развие живот. Физик от тази планета би могъл да нарави извода, че тази константа – 1,99 кал/мин.см² – е специално подбрана от Бога за благото на човечеството. По-скептично настроен негов колега би доказвал, че все някога всички константи ще намерят своето обяснение в окончателните закони на физиката, и че тяхната приемливост за съществуването на живота е просто случайност. В действителност и едните и другите нямаше да бъдат прави. Когато обитателите на Земя-щрих придобият най-накрая познания по астрономия, те ще разберат, че тяхната планета получава 1,99 кал/мин.см² просто защото тя, както и Земята се намира на разстояние 150 милиона километра от Слънцето, излъчваща $5,6 \cdot 10^{15}$ калории топлинна енергия на минута. Те ще узнаят, че съществуват и други планети, намиращи се по-близо до Слънцето, където е много горещо за съществуването на живот, както и други по-отдалечени планети, където е много хладно и пак невъзможно за появата на живот. Без съмнение, съществуват още безкрайно много планети, въртещи се около други звезди, и само малка част от тях са приспособени за живот. Усвоявайки достатъчно астрономични знания, физиците-скептици от Земя-щрих ще разберат най-накрая, че те живеят в свят, получаващ примерно 2 кал/мин.см², просто защото те не биха могли да живеят в друг свят. Ние в нашата част на Вселената наподобяваме на жителите на Земя-щрих до откриването от тях на астрономията, само че вместо другите планети, от нас са скрити други части от Вселената.

По-нататък. Колкото повече фундаментални физически принципи откриваме, толкова по-малко отношение те имат към нас. Например, в началото на 1920 г. се е считало, че единствените елементарни частици са електронът и протонът, от които сме съставени самите ние и целият останал свят. Когато е бил открит неutronът, отначало се е мислело, че и той е съставен от протон и електрон. Днес всичко е силно изменено. Ние съвсем не сме уверени, че знаем какво означава елементарността на частицата, но вече извлякохме сериозния урок, че участието на частицата в състава на обикновеното вещество няма никакво отношение към нейната „фундаменталност“. Почти всички частици, чийто полета участват в уравненията на съвременния стан-

дартен модел на частиците и техните взаимодействия, се разпадат така бързо, че те не могат да се намират в състава на обикновеното вещество и да оказват някакво влияние върху човешкия живот. Електроните представляват съществената част от обкръжаващия ни свят, а мюоните или тау-лептоните, едва ли имат някакво отношение към нашия живот, но във вида, в който се появяват в нашите теории, електроните в никакъв случай не са по-фундаментални, отколкото мюоните или тау-летоните. Може да се изкаже и по-общото твърдение: още никой не е забелязал каквато и да е корелация между нещата, които са важни за нас и нещата, които са важни за фундаменталните физични закони.

Разбира се, голямата част от хората узнатават нещо-си за съществуването на Бога не от научните открития. Джон Полкингхорн доказа красноречиво, че теологията „може да намери своето място в същата част от човешкия опит, както и науката“ [13], и че тя се основава на религиозния опит от типа примерно на откровението, така както науката се основава на експеримента и наблюдението. Онези хора, които мислят, че притежават собствен религиозен опит, трябва сами за себе си да оценят качеството на този опит. Но голямата част от последователите на световните религии се опират не на собствения религиозен опит, а на откровения, предположително преживяни от други. Може би това изглежда не много различно от позицията на физико-теоретик, опиращ се в своята работа на експерименти, проведени от други. Но съществува и едно много важно отключение. Схващането на хиляди отделни физици се събират в удовлетворително (макар и непълно) общоприето разбиране на реалността. Напротив, твърденията за Бога или за нещо подобно, извеждано от религиозното откровение, никак не се съгласуват едно с друго. След хилядолетни теологични анализи ние не сме се приближили и с една крачка към единното разбиране на уроците от религиозните откровения.

Има и още едно различие между религиозното откровение и научния експеримент. Уроците от религиозния опит могат да дадат дълбоко удовлетворение, за разлика от абстрактния и извънличен възглед за света, получаван от научния изследовател. В противоположност на науката, религиозният опит може да придае смисъл на нашия живот, да ни направи участници във великата космическа драма на греха и изкуплението и да ни предложи обещание за съществуване след смъртта. Именно по тези причини аз виждам в уроците на религиозния опит неотменимия печат на стремежа да се приеме желаното за действително.

В книгата си „Първите три минути“, издадена през 1977 г., бях толкова непредпазлив, че изтърсих фразата: „Колкото по-разбираме изглежда Вселената, толкова по-безсмислена изглежда тя“. Имах пред вид не това, че науката ни учи, че Вселената е безсмислена, а това, че Вселената сама не ни

казва смисъла на своето съществуване. Бях побързал да добавя, че можем сами да да приадем смисъл на своя живот, като например се опитаме да я разберем. Но думите бяха изречени, и тази фраза ме преследва от тогава [14]. Неотдавна Алан Лайтман и Роберт Бравер публикуваха интервюта с двайсет и седем космологи и физици [15], и почти на всеки в края на краищата му се задава въпроса, какво мисли за тази моя забележка. С неголеми различия, десет от интервюираните са съгласни с мене, а тринадесет – не. Обаче трима от тези тринадесет не са разбрали защо въобще някой трябва да очаква, че Вселената трябва да има смисъл. Харвардският астроном Маргарет Гелер поставя въпроса: „Защо пък трябва да им смисъл? Какъв смисъл? Винаги съм се удивлявала на това изказване“. Астрофизикът от Принстън Джим Пибълс отбелязва: „Карат ме да повярвам, че всички ние сме случийни плаващи остатъци от никакво корабокрушение“. (След това Пибълс изказва хипотезата, че в деня, когато съм писал това, аз съм имал лошо настроение). Друг принстънски астрофизик, Едуин Търнър, е съгласен с мен, но предполага, че съм направил тази забележка, за да подразня читателите. Най-много ми хареса отговорът на моя колега от Тексаския университет, астрофизика Жерар дьо Вокульор, който казва, че моята забележка му се струва „носталгична“. Разбира се, той е прав – това е носталгия по света, в който небесата провъзгласяват Божията слава.

Преди век и половина Матю Арнолд бе видял в океанския отлив прекрасна метафора, описваща угасването на религиозното чувство и бе чул в звука на водата „ноти на печал“ (стихотворението му „Dover beach“). Би било чудесно в законите на природата да се забележи план, подгответ от заинтересования Създател, в който на човечеството е отредена специална роля. Аз се опечаливам, когато се изказват съмнения в това отношение. Някои мои колеги твърдят, че познанието на природата им дава пълно духовно удоволстворение, каквото други хора традиционно намират във вярата в заинтересования Бог. Възможно е наистина някои да го чувстват така. Аз – не. И няма да mi помогне, ако по примера на Айнщайн отъждествя законите на природата с накакъв отстранен и незинтересован Бог. Колкото повече уточняваме нашите представи за Бога, за да стане той по-приемлив, толкова по-безнислен изглежда той.

Изглежда аз приличам на бяла врана сред съвременните учени, като проявявам интерес към подобни неща. В редките случаи, когато по време на обяд или на следобеден чай се поведе разговор за религия, най-силната реакция, която изразяват мои колеги-физици, установявайки, че все още някой може да води сериозен разговор за това, е тихо удивление или усмивка. Много колеги запазват номинално уважение към вярата на своите родители, като форма на етническа идентификация, а също като обред, полезен при свадби

и погребения, но малцина сред тях обръщат внимание на теологични проблеми. Познавам двама специалисти по обща теория на относителността, които са набожни католици, няколко физици теоретици, отнасящи се благовейно към юдаизма, един православен експериментатор, един теоретик – убеден привърженик на ислама и математик, получаващ указания „от горе“ в англиканската църква. Без съмнение, има и много други дълбоко религиозни физици, които не познавам, и още много, които крият своите религиозни убеждения. Но доколкото мога да съдя по собствените си впечатления, голямата част от физиците се интересуват от религията недостатъчно даже за да могат да бъдат взети като практикуващи атеисти.

В известен смисъл религиозните либерали стигнаха по дух още по-далеч от учените, отколкото са фундаменталистите и другите религиозни консерватори. Последните поне твърдят, както и учените, че те вярват в това в което вярват, защото то е вярно, а не защото ги прави по-добри или по-щастливи. В наши дни много религиозни либерали допускат, че различни хора могат да вярват в разни взаимно изключващи се неща, и всички те имат право, ако техните вярвания „работят за тях“. Едни вярват в прераждането на душите, други – в рая и ада, трети, че душата изчезва след смъртта; и за нито един от тях не може да се каже, че не е прав, щом като всеки един от тях получава духовно удовлетворение от своята вяра. Както казваше Сюзън Зонтаг, ние сме обкръжени от „благочестие без съдържание“ [16]. Всичко това ми напомня една история с Бертран Ръсел. През 1918 г. той е бил осъден да излежава присъда в затвор за антивоенна дейност. Следвайки затворническите правила, началникът на затвора попитал Ръсел за неговата религия. Ръсел отговорил, че е агностик. Началникът бил малко озадачен, но после просиял и казал: „Разбрах. В края на краишата, нали всички ние се прекланяме на един и същи Бог?“

Веднаж попитали Волфганг Паули, не му ли се струва, че една объркана научна статия е просто грешна. Той отвърнал, че това определение е много меко – статията даже не е грешна. Аз предполагам, че религиозните консерватори грешат в това, в което вярват, но поне не са забравили какво въобще означава вярата в нещо. Религиозните либерали, според мен, даже не грешат.

Често се чува да се казва, че в религията не е важна теологията, а това че религията помага да се живее. Удивителното е, че проблемите на съществуването на Бога, неговата природа, понятията за благост и грях, ад и рай – всичко това се оказва маловажно! Позволявам си да изкажа предположението, че хората считат богословските проблеми на избраната от тях религия не за толкова важни, само защото не могат да се заставят сами да си признаят, че те вярват във всичко това. Обаче, в продължение на много векове и до

ден днешен в различни краища на света хората изповядват едни или други богословски теории и ги считат за много важни за себе си.

Разбира се, някои са отблъснати от интелектуалната разпуснатост на религиозния либерализъм, но все пак главната опасност се тай в консерватизма на доктринарната религия. Безусловно, тя също е внесла огромен принос при формирането както на моралните принципи, така и в изкуството. Тук и сега не е времето и мястото как да уравновесим кобилиците на кантара за приносите и от една стрна, и на дългата и жестока история на кръстоносни походи, джихад, инквизиция и погроми – от друга. Бих искал само да подчертая, че правейки тази равносметка, неправилно е да се счита, че религиозните гонения и свещени войни са били извращения на истинската вяра. Такова предположение ми се струва симптом на широко разпространеното отношение към религията, в което се съединяват дълбокото уважение с дълбокото отсъствие на интерес. Много велики световни религии учат, че Бог изисква безусловна вяра и определено почитание. Не е удивително, че някои хора, възприемащи сериозно такива учения, ще считат божествените указания несравнено по-важни, отколкото всякакви светски добродетели като търпимост, състрадание или разум.

Тъмните сили на религиозния фанатизъм набират сили по цяла Азия и Африка, и даже в светски държави на Запада разумът и търпимостта са подложени на опасност. Историкът Хю Тревор-Ропер отбелязва, че разпространението на духа на науката през XVII и XVIII векове е довело в края на краищата до прекратяване на изгарянето на вещици [17]. Вероятно ние трябва да се обърнем отново към науката, за да запазим света на разума. И главна роля тук може да изиграе не увереността в научните знания, а тяхната *неопределеност*. Когато виждаме учени, през цялото време менящи своите възгледи за явления, които можем да изучаваме непосредствено в лабораторни условия, как можем да се отнасяме сериозно към претенциите на религиозните традиции или свещените книги за знание за неща, недостъпни за човешкия опит?

Разбира се, науката е внесла своя дял в световните нещастия, главно предоставяйки ни средства за взаимно убийство, но без да ни дава основания за това. Когато за оправдаване на извършени ужаси са били привлечани видни учени, винаги е ставало дума за научни извращения, подобни на нацисткия расизъм или евгениката. Както е казал Карл Попер, „достатъчно очевидно е, че не рационализъмът, а точно ирационализъмът е отговорен за всички жестокости на национализма и агресивността както до, така и след кръстоносните походи, докато аз не зная ни една война, която да се е водила с „научна“ цел или да е била инспирирана от учени“ [18].

За съжаление, не мисля, че може с помощта на рационални аргументи да се овладее научният начин на мислене. Отдавна още Дейвид Юм е отбеля-

зал, че основавайки се на нашия стар опит на успешно използване на научното мислене, ние предполагаме верността точно на този начин на мислене, който се опитваме да проверим. По същия начин могат да бъдат отхвърлени всички логически аргументи и прости отказ от логическо мислене. Затова е невъзможно просто да се отхвърли въпросът, защо, ако не намираме в законите на природата желания душевен покой, да не го потърсим на друго място – в един или друг духовен авторитет или даже да сменим вярата си?

Решението да вярваме или не, не е съвсем в нашите ръце. Може би щях да се чувствам по-щастлив и щях да бъда по-добре възпитан, ако си мислех, че произхождам от китайските императори, но с никакви усилия на волята не мога да се заставя да повярвам в това, точно както не мога да накарам сърцето ми да спре. Понякога изглежда, че някои хора са способни да осъществяват контрол над това, в което вярват, и сами избират коя вяра им доставя по-голямо щастие или успехи. Най-интересното описание на това как действа такъв контрол може да се намери в романа на Джордж Оруел „1984“. Героят на романа, Уинстън Смит, записва в дневника си, че „свободата означава, свобода да кажеш, че две плюс две е равно на четири“. Инквизиторът О Брайан приема това като предизвикателство и си поставя задача да накара Смит да измени мнението си. Разбира се, при изтезанията Смит е готов да признае, че две плюс две прави пет, но не към това се стреми инквизиторът. В края на краишата, болката става непоносима и за да се избави от нея Смит се заставя да повярва, че две плюс две е равно на пет. За момента О Брайан е удоволстворен и изтезанието е прекратено. По много подобен начин болката от сблъскване с перспективата за нашата собствена смърт или смъртта на обичани от нас хора, ни заставя да изберем вярата, която безспорно смекчава тази болка. Ако ние сме способни да настроим нашата вяра по та-къв начин, защо да не се възползваме от това?

Не виждам никакви научни или логични основания да не се търси утешение чрез настройването на нашите вярвания: такива основания са свързани единствено с морала и чувството за чест. Какво бихме помислили за човек, успял да убеди себе си, че той непременно трябва да спечели на лотария, защото страшно се нуждае от пари? Може би ще има хора, които ще поддържат неговите очаквания, но по-голямата част от хората ще си мислят, че този човек не оправдава ролята си на възрастно рационално мислещо човешко същество, способно да гледа трезво действителността в лицето. Подобно на това, как с възрастта всеки от нас се научава да преодолява изкушението сериозно да се отнася към такива неща, ние сме длъжни постепенно да се примирим с мисълта, че не сме звезди в никаква космическа драма.

Но въпреки това, аз в никакъв случай не мисля, че науката някога ще подари такова утешение пред лицето на смъртта, каквото дава вярата. Най-

доброто известно ми изложение на този екзистенциален избор може да се намери в „Църковна история на Англия“[19], написана от Достопочтения Беда около 700 г. от н.е. Беда разказва, как кралят на Англия, Едуин Нортъмбийски, съbral през 627 г. съвет, който да реши каква религия да приемат поданиците на неговата страна, и привежда следната реч на един от приближените на краля:

„Ваше Величество, когато сравняваме сегашния живот на човека на Земята с онзи, за който ние нищо не знаем, той ни се струва бърз като полет на врабче през банкетната зала, където Вие пирувате през зимата заедно с Вашите сановници и съветници. В средата на залата гори огън и топли залата, а навън бушува вятър и вали сняг. Врабчето е влязло през единия прозорец и излита през противоположния. Докато е вътре в залата, то е в безопасност от зимните бури, но след няколко мига уют изчезва от нашия поглед в снежните вихри, от които току-що е долетяло. Точно по същия начин и човек се появява за недълго на Земята. Но за това, какво е предиществало неговия живот, или какво го очаква след това, ние нищо не знаем...“

Почти непреодолимо е изкушението да повярваме заедно с Беда и крал Едуин, че зад стените на банкетната зала трябва да има още нещо за нас. Честта да се противостои на това изкушение е само дребен противовес на вярата, но самото това противопоставяне понякога носи удовлетворение.

Бележки

- [1] – Hawking S.A., A Brief History of Time, London, Bantam Books, 1988. (Български превод: Кратка история на времето)
- [2] – Misner C.W., Cosmology, History, and Theology, New York, Plenum Press, 1977.
- [3] – Holton G., The Advancement of Science, and its Burdens, Cambridge Univ. Press, 1986.
- [4] – Einstein A., Festschrift fur Auen Stadola, Zurich, Orell Fussli Verlag, 1929.
- [5] – De Witt B., Decoherence Without Complexity ... preprint Univ. of Texas, 1992
- [6] – непубликувани стенограми.
- [7] – New-York Times, 25.4. 1929
- [8] – Изследванията на Галилей показват, че върху Земята не трябва да се чувства движението на Земята около Слънцето. Освен това, неговото откритие на луни около Юпитер се превръща в демонстрация на Слънчева система в миниатюрни машаби. Завършването на доказателството е свързано с откриването на фазите на Венера, което никак не може да се съгласува с предположението, че Венера и Слънцето се въртят около Земята.
- [9] – Въртейки се около Земята, вместо да отлети по права в открития космос, Луната всяка секунда придобива компонента на скоростта от 0,1 см/сек. относно Земята. Теорията на Нютон обяснява, че това е 3600 пъти по-малко от ускорението

на падащата ябълка в градината на Кембридж, а ускорението за сметка на силата на притегляне я намалява обратно пропорционално на квадрата на разстоянието.

[10] – Perutz M.E. Erwin Schrodinger's What is Life? And Molecular Biology. Cambridge Univ.Pres, 1987.

[11] – За пръв път чух за професор Джонсън, когато приятел ми показва неговата статия „Еволюцията като догма“ (A Monthly Journal of Religion and Public Life, October, 1999)

[12] – Gould S. Impeaching a SelfAppointed Judge, Scientific American, July. 1992

[13] – Polkinghorne J. Reason end Reality, Trinity Press Int., 1991

[14] – Levinson S. Religious Language and the Public Square, Harvard Law Review, 105, 1992; Midgley M Science as Salvation, London, Routledge, 1992.

[15] – Lighman A. and Brawer R. The Lives and Worlds of Modern Cosmologists, Cambridge, Mass, Harvard Univ.Press, 1990.

[16] – Sontag S Piety Without Content, New York, Dell, 1961.

[17] – Trevor-Poper H.R. The European Witch-Craze of the Sixteenth Centuries, New York, Harper & Row, 1969.

[18] – Popper K.R. The Open Society and Its Enemies, Princeton Univ. Press, 1966.

[19] – Bede A History of the English Church and People, New York, Dorset Press, 1985.

Гл. XI от „Мечти за окончателна теория“ на Стивън Уайнбърг (*Dreams of a Final Theory*, Steven Weinberg, Vintage Books, A Division of Random House, Inc., New York, 1992). Четири глави от нея преставихме като „Четиво с продължение“ през 1999 г. (т. XXII, кн. 1-4).

Превод **Н. Ахабабян**

Студентът по физика Джефри бил много набожен и затова се прехвърлил да учи богословие. На първото упражнение професорът богослов го попита:

– Кажете ми – какво е Божията сила?
– Божията сила е равна на Божията маса по Божието ускорение – отговорил Джефри.

НАУКАТА И ЧУДЕСАТА НА БИБЛЕЙСКИЯ ИЗХОД

Колин Хъмфрис

Наистина ли Мойсей и израилтяните са минали пеша през Червено море? Ако да, то би ли могла физиката да обясни как? Физически възможно ли е да се получи вода от канара? Съществува ли научно обяснение на преминаването през река Йордан? Как е възможно планина като Синайската да издава звуците на тръба? На пръв поглед тези чудеса от библейската история на Изхода на израилтяните от Египет преди 3000 години изглеждат неправдоподобни. Те като че ли противоречат на нормалното протичане на нещата в природата и затова много учени са скептични относно възможността да са се случили. Все пак вярно ли е, че посочените по-горе добре познати чудеса нарушават нормалните процеси в природата? Тук ще обсъдя как изглеждат някои от чудесата на Изхода през очите на учения.

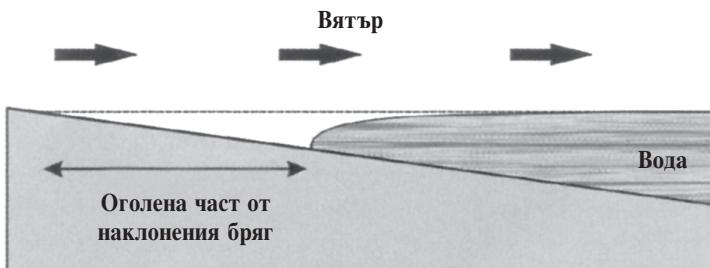
Вода от камък

Чудото с получаването на вода от канара е описано само в два пасажа от книгата Изход на Стария завет:

„И рече Господ Мойсею: ‘Вземи със себе си жезъла, с който ти удари Нил, и върви. Аз ще застана там пред тебе на канарата в Хорив и ще удариш канарата и ще излезе вода из нея да пият людете. И направи така Мойсей пред очите на старците Израилеви“ (Изход 17:5-6).

Любопитна история! Да се получи вода от скала е все едно да получиш кръв от камъка – невъзможно е. Но да погледнем нещата по отблизо. Еврейската дума за „удрям“ в „удари канарата“ означава да нанесеш силен удар. За да може скалата да изпусне вода, тя трябва да може да поема вода, т.е. трябва да е поръзна. Съществуват ли поръзни скали? Отговорът е положителен: поръзни скали като пясъчник и варовик могат да поемат огромни количества вода от дъждовете. В действителност, когато са под земята, ние ги използваме като водоносни слоеве, естествени водни резервоари, пробиваме в тях дупки и кладенци, за да извлечем водата, съдържаща се в тях.

Ако поръзни скали като пясъчника и варовика са разположени над земята, в тях обикновено не се натрупва дъждовна вода, защото тя изтича надолу през порите. Обаче в пустинните райони скалите се изменят по необичаен начин благодарение на пясъчните бури, които с голяма скорост нанасят върху скалите пясък и органични материали от разлагачи се растения и животни. С течение на времето поръзните скали в пустинята могат да добият твърда и непроницаема кора, подобна на цимент. Съвременните бедуини на-



Фиг. 1. Схематично е показано как под действието на вятъра водата се изтегля и оголва част от наклонения бряг (пунктираната линия показва нормалното положение на водната повърхност.

на геофизиците, работещи в пустинни райони.

Интересно описание на добиване на вода от скала има в пътеписа *Вчера и днес в Синай*, публикуван през 1936 г. от бившия британски губернатор на Синайския полуостров, майор Джарвис. Той пише: „Това, че Мойсей е ударил по скалата и от нея е избликнала вода, звучи като истинско чудо, но авторът е виждал това с очите си. Част от Синайския камилски корпус беше спрял на почивка в сухо речно дъно и войниците разравяха чакъла по един от скалистите брегове, с цел да извлекат водата, която бавно се процеждаше през варовиковата скала. Хората работеха бавно и затова сержантът грабна лопата от един от тях и започна да копае с много енергия. Един от мощните му удари разцепи полираната твърда повърхност на скалата и отдолу се показа мека поръзона скала, от която избликна силна струя чиста вода.“.

Физиците в НАСА приложиха своите познания за твърдото покритие на скалите в пустинята, когато търсеха вода на Марс. Например в репортажа на *Асошиейтед прес* от 25 февруари 2004 се казва: „Ровър на НАСА пробива марсианска скала в търсене на вода. С помощта на абразивен накрайник снабденият с 6 колела Ровър смогна да пробие дупка с дълбочина около сантиметър в повърхността на скалата, наречена ‘Ел Капитан’. Твърдата скална кора беше изстъргана, за да може Ровър да изследва материала под нея.“

Виждаме, че начинът, по който Мойсей добива вода от скала, не нарушава никакви физически закони. Библейската история се съгласува с онова, което знаем от науката. Тогава била ли е тази случка чудо? Ще обсъдя този въпрос по-късно, след като разгледам още някои от чудесата на Изхода през очите на учения.

Преминаването през Червено море

Преминаването през Червено море на Мойсей и израиляните е едно от най-известните чудеса в Библията. По същество чудото се състои от две части. Първо, морето се оттегля и израиляните преминават по сухото му дъно.

ричат тази твърда кора „пустинен лак“; скалните кори им осигуряват гладки повърхности за скалното им изкуство. Ако кората на поръзона скала бъде строшена със силен удар, от скалата наистина може да потече вода и това е ефект, който е добре познат

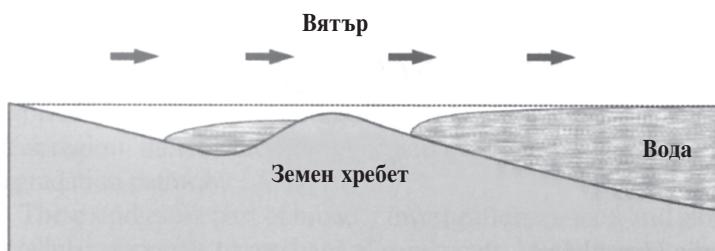
Второ, водите на морето се втурват обратно и удавят египтяните, преследващи израиляните. Ето как Библията описва тези събития:

„И Мойсей простря ръката си над морето; и направи Господ да се оттегли морето всичката оная нощ от силен източен вятър и превърна морето в суши, а водата се раздвои. И влязоха израелските синове сред морето на сухо, а водата беше им стена от дясната и от лявата им страна... И Господ рече Мойсею: простри ръката си над морето и нека се възвърне водата върху египтяните, , върху колесниците им и върху конниците им. ... и водата се възвърна и покри колесниците и конниците, всичкото войнство фараоново, което беше влязло след тях в морето“ (Изход 14: 21-22, 26-28).

Оттеглянето на водата на Червено море и след това бурното ѝ нахлуване обратно може да ни напомни за вълната цунами, която опустоши части от Азия към края на 2004. В действителност немалко хора изказаха предположението, че преминаването през Червено море е станало възможно благодарение на цунами, породена от изригването на вулкана Санторини – гръцки вулканичен остров в Средиземно море. Тази идея обаче трябва да се отхвърли, защото изригването на Санторини става значително по-рано от събитията, описани в Изход. Освен това, макар че цунами доста често предизвиква оттегляне на морето, преди то да нахлуе към сушата, това оттегляне трае само няколко минути, какъвто беше и случаят с последната азиатска цунами. Няколко минути не биха били достатъчни за хилядите израиляни да преминат през Червено море.

Едно следващо предположение е, че преминаването е станало възможно благодарение на много нисък отлив, последван от много висок прилив. Обаче, макар че в някои райони по света приливът и отливът могат да протичат много бързо поради профила на земната повърхност и в резултат на това хора могат да попаднат в клопка и да бъдат удавени, не е такъв случаят с Червено море и неговите два клона – заливът Суец и заливът Акаба, където приливното течение настъпва бавно.

Така че, ако изобщо съществува естествено обяснение на преминаването през Червено море, то трябва да е различно от дадените по-горе. Фактически библейското описание показва в явен вид, че действително е имало природен механизъм: силен източен вятър, който духал през цялата нощ. Вятър, който духа над водната по-



*Фиг. 2. Водата от двете страни на хребета.
Този хребет обикновено е потопен под нивото на водата
(пунктирраната линия).*

върхност, може да накара водата да се отдръпне. Ако водата е над наклонено дъно при брега, тя може да се оттегли под действието на вятъра и да оголи стотици метри от крайбрежието. Океанографите наричат това явление „вятърен отлив“. Ако посоката на вятъра е обратна, тогава водата се издига към брега и това се нарича „вятърен прилив“.

Физиката на вятърния прилив и отлив се описва с диференциални уравнения от втори ред. Решението на тези уравнения показва, че ефектът е значителен само когато вятърът духа над големи дължини от водна повърхност, с което се увеличава пълната сила, действаща върху водата, и когато вятърът духа достатъчно дълго време, защото водата се оттегля бавно. В една много типична ситуация може да се стигне до устойчиво състояние, когато водата е изтеглена на максимално разстояние само след като вятърът е духал в продължение на много часове. Интересно е да се отбележи, че според Библията силен източен вятър е духал *през цялата нощ*; точно това се изисква, за да настъпи значителен вятърен отлив. Ефектите на вятърния отлив могат да бъдат изненадващи големи. Например силен вятър, духащ над езерото Ери, едно от Великите езера, е създал разлика около пет метра в нивото на водата между Толидо, щ. Охайо, на запад и Бъфало, щ. Ню Йорк, на изток.

Предлагани са различни места за преминаването на Червено море, включително и прилежащите езера, както и заливите Суец и Акаба. Ако физическият механизъм, който е позволил преминаването, е бил вятърен отлив, тогава можем да отхвърлим езерата в Синайския полуостров, защото те не са достатъчно дълги, за да възникне значителен вятърен отлив. Така заливите Суец и Акаба остават като единствено възможни, защото и двата са достатъчно дълги, за да възникнат ефекти на вятърен отлив и прилив.

Тъй като в книгата Изход се говори за силен източен вятър, който е оттеглил водите на Червено море, аз смятам, че заливът Суец може да отпадне (тъй като източният вятър би духал *напречно* на залива, а не *надлъжно* по него), така че като единствена възможност остава заливът Акаба. Аз показвах (в книгата си *Чудесата на Изхода*), че много силен вятър би могъл да изтласка водата в този залив на около 800 метра. Любопитно е, че според математическите изчисления в задната си част изтласканата вода се издига вертикално на морското дъно – точно подобно на стена (вж. Фиг. 1). В книгата Изход се казва: „*И с диханието на ноздрите ти водата се струпа на куп. Вълните застанаха като стена*“ (Изход 15:8). В Библията се казва също: „*И влязоха Израилевите синове сред морето по сухо, и водата беше им от дясната и от лявата им страна*“ (Изход 14:22). Това е по-трудно за обяснение, но една възможност представлява подводен земен хребет, както е показано на Фиг. 2.

От тази фигура по-трудно е да се разбере как армията на фараона е била удавена, отколкото как израиляните са преминали Червено море по суша. Защо египтяните не са забелязали, че водата на залива Акаба се отлива на-

зад, и не са се опитали да избягат? От онова, което се описва в Изход, ясно се разбира, че те просто не са имали време.

Какво става, когато силен вятър духа в продължение на часове, създава значителен вятърен отлив и след това внезапно спре, както става ясно от описанietо на Изход? Математическият анализ показва, че водата се връща във вид на бързо движеща се вертикална вълна, наречена „бора“. Аз направих някои пресмятания за залива Акаба и се оказа, че скоростта на завръщащата се вълна бора е около пет метра за секунда – достатъчна, за да събори кон и ездач и да ги захвърли в морските води. Така че природният механизъм на вятърния отлив, последван от втурваща се обратно водна стена, съответства много добре на описанietо на събитията в книгата Изход.

Звукът на тръба от планината Синай

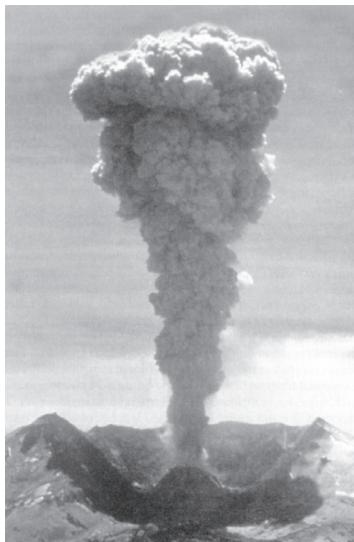
Вероятно най-оспорваната страна на моята книга *Чудесата на Изхода* е убеждението ми, че планината Синай е била вулкан. Не съм първият, който предполага това, но аз добавих някои нови физически аргументи, които допълнително подкрепят вулканичната теория.

Най-очевидните признания, че планината Синай е била вулкан, са облаците и пламъците над нея: „*И вие приближихте и застанахте под планината [Синайската]; и планината гореше с огън до сред небето, и имаше тъмнина, облак и мрак*“ (Второзаконие 4:11). Какво ярко описание на изригващ вулкан!

Книгата за Изхода споменава също за светкавици: „*И сутринта на третия ден ставаха гръмове и светкавици, и гъст облак имаше над планината [Синайската]*“ (Изход 19:16). Светкавиците се появяват при някои вулканични изригвания по много ясни физически причини: частиците на изхвърлената пепел са електрично заредени и в облака на изригването възникват огромни потенциални разлики, които след това пораждат мълнии.

Забележително е, че в Изход се говори за звук на тръба, идващ от планината Синай: „*И сутринта на третий ден станаха гръмове и светкавици и гъст облак имаше на планината и много силен тръбен глас...и тръбният глас се продължаваше много силно*“ (Изход 19:16-19). Как може планината да произведе звук, подобен на тръбен глас? Разтопената вулканична скална маса, наречена магма, съдържа разтворени вулканични газове като водна пара и въглероден двуокис. Ако тези газове излизат под налягане през цепнатини в скалите около горещата зона на изригващия вулкан, тогава наистина може понякога да се чуе силен тръбен звук (По подобен начин може да се произведе звук чрез дуране на въздух с голяма скорост в тръба.) Римският историк Дио Касиус съобщава, че тръбни звуци са били чути откъм Везувий при знаменитото му изригване през 79 г.

От физическа гледна точка е ясно, че щом „тръбният звук“ е чут да идва от планина, тогава тази планина е вулкан. В действителност при свое то описание на планината Синай Старият завет дава не по-малко от шест



Фиг. 3. Дневен изглед на облачен стълб от изригващ вулкан

Бедр, която забележително точно съответства на библейското описание на планината Синай.

характерни белега на вулкан: (1) тя пламтяла в огън до самото небе (Второзаконие 4:11); (2) дим и облаци се издигали от нея (Второзаконие 4:11 и Изход 19:18); вж. Фиг. 3; (3) шумът от експлозии – експлозивно изригване (Изход 19:16); (4) извънредно силен тръбен звук – звукът от горещите газове, изтичащи през цепнатините в планините (Изход 19:16); (5) мълнии – електрични разряди във вулканичните облаци (Изход 19:16); (6) вулканични земетресения – цялата планина мощно се е тресяла (Изход 19:18). Тук имаме забележително описание на изригващ вулкан, основано върху внимателни наблюдения.

Нямало е активни вулкани през последните 10 000 години в Синайския полуостров или в Египет. По тази и други причини аз вярвам, че Синайската планина е в Саудитска Арабия, в която наистина по исторически данни е имало активни вулкани, и особено че тя е вулканичната планина

Огненият облачен стълбове

Загадъчният огнен стълб, който насочвал израиляните към Синайската планина, отдавна стои като въпрос пред учените. Ето какво се казва в книгата Изход: „*И Господ предхождаше пред тях, деня в стълб облачен, за да ги оправя по пътя, а нощем в стълб огнен, за да им свети: та да вървят деня и нощта. Не отдалечаваше от очите на людете облачният стълб деня, ни огненият стълб ноща*“ (Изход 13: 20-22).

Традиционното обяснение на стълбовете от облак и огън е, че тези стълбове са били точно пред израиляните и че са се движели пред тях – точно както водач на туристическа група, държащ високо сгънат чадър и крачещ начело на групата. Но книгата за Изхода не говори, че стълбовете от облак и от огън са били точно пред израиляните, нито пък че това са били движещи се стълбове; те биха могли да са на значително разстояние пред тях и неподвижни – подобно на изльчващ светлина фар, разположен на хълм.

Съществува природно явление, което идеално съответства на описание то „облачен стълб през деня и огнен стълб през нощта“. Това е вулканичното изригване. Защо често изглежда така, като че ли вулканът изхвърля облак през деня и огън през нощта? Физиката дава отговора. При вулканично изригване от вулкана нагоре се издигат огромни пламъци, които са заобиколени от облаци пара. Денем най-често е видим само заобикалящият облак, който

отразява слънчевата светлина. Нощем обаче облакът е невидим, а видими стават вулканичните пламъци. По същия начин, когато туристи си накладат огън и отначало има много дим, на разстояние от него денем се вижда главно димът, а нощем главно пламъците. Фигурите 3 и 4 показват типичен вулканичен огнен стълб нощем и облачен стълб денем.

Мадам Луиз Виже-Льобрюн, която е нарисувала портрета на кралица Мария Антоанета, емигрирала в Италия при започването на френската революция. В едно писмо тя пише: „Сега трябва да ти разкажа за експедициите си до Везувий... Тогава настъпи нощта и димът премина в пламъци, най-красивата гледка, която можем да си представим.“ Тук отново имаме дим през деня и пламъци през нощта.

След като аз отъждествих планината Синай с вулканичната планина Бедр в Саудитска Арабия, много ясно е, че изригващият вулкан, създаващ стълбовете от огън и дим, трябва да е самата планина Синай, тъй като тези стълбове е трябало да водят израилтяните към Синайската планина. Така че планината Синай е била водещата светлина, сочеща пътя на израилтяните.

Дали чудесата на Изхода са били истински чудеса?

Тук се опитах да покажа по какъв начин науката може да обясни чудесата в историята на Изхода. В книгата си *Чудесата на Изхода* аз давам научни обяснения на някои други чудеса на Изхода (например преминаването на реката Йордан, горящият храст, десетте бедствия на Египет и превръщането на горчивата вода в сладка). Дали научните обяснения означават, че чудесата на историята на Изхода не са били истински чудеса, като по този начин изключват свръхестественото? Списание *Europhysics News* не е място за впускане в дискусия по тези въпроси, но нека направя няколко кратки коментара. Първо, фактът, че можем да обясним едно събитие в термините на физически механизми, не означава, че то е получило цялостно обяснение. Физиката може да обясни как са произведени нотите в Бетовеновата Пасторална симфония, но това не означава, че физиката е обяснила защо това е велика музика, нито пък че физиката е премахнала ролята на големия композитор.

Преди много години Аристотел пише за чудесата и казва, че „реалната причина“ за едно чудо би могъл да бъде някакъв природен фактор, но „окончателната причина“ е волята на Бога. Чудото се изразява в необикновената хронологизация на събитието. Смятам, че „реалната причина“ на много от чудесата на Изхода е бил природен фактор (поръзна скала, силен вятър, вулкан и т.н.) и че науката може да разкрие този фактор и да посочи механизма на чудото. Действително, както видяхме, Библията сочи недвусмислено, че преминаването през Червено море е станало възможно благодарение на природен фактор – силен източен вятър.

Макар че водата от скалата не е зависела особено от хронологията на

събитията, библейското описание на преминаването на Червено море сочи ясно такава зависимост; египетската армия е оградила бягащите израилтяни и се е готовела да ги плени. Разбира се, оттеглянето на Червено море от силен вятър точно в момента, когато това ще спаси израилтяните, би могло да бъде щастлива случайност. Обаче в историята на Изхода става дума за серия от събития, които стават точно в подходящото време. Ако приемем описаните на Стария завет, тогава хронологичната последователност на тези събития действително изглежда необикновена. Именно по тази причина аз предполагам, че описаните тук и в моята книга събития на Изхода са били чудеса, защото макар науката да ги обяснява, те са били чудеса на хронологичната последователност.

(Colin Humphreys, *Science and the Miracles of Exodus*. Europhysics News.
36 (2005) № 3, p. 93)

Превод от английски: М. Бушев

НА ВНИМАНИЕТО НА ВЕЛИКОДУШНИ И БЛАГОРОДНИ
СПОМОЩСТВОВАТЕЛИ НА СП.СВЕТЬТ НА ФИЗИКАТА:

V EURO:
BG 82 SOMB 9130 14 25109301
BIC SOMBBGSF
MUNICIPAL BANK PLC
BRANCH DENKOGLU

V LEVA:
IBAN: BG 03 SOMB 9130 10 25109301, BIC: SOMBBGSF
OBSHTINSKA BANKA
KLON DENKOGLU

ЮБИЛЕЙ (75) НА ПРОФЕСОР Д-Р РУМЕН БОЖКОВ

Проф. д-р Румен Божков е роден на 01 Май 1931 год. в гр. Велинград. Първите познания за природата и света получава във Втора мъжка гимназия, София. През 1955 г. с пълно отличие се дипломира като бакалавър по физика и след това като магистър по метеорология и геофизика във Физическия факултет на Софийския университет (СУ).

Неговият професионален път започва като метеорологичен наблюдател през 1949 г. в тогавашния Централен метеорологичен институт (ЦМИ или още «Метеора»). Там в продължение на 4 години е издавал прогнози на времето като синоптик. Преподавателска и научна дейност Румен Божков започва като главен асистент, а след хабилитация и като доцент (1960-1964) в Катедрата по метеорология и геофизика към ФзФ на СУ, ръководена от академик Кръстанов. Той защитава докторска степен по физика и математика в МГУ (Москва, 1964 г.) и получава степента «доктор на науките» по атмосферна физика в Университета в Рошок, (Германия 1971 г.). Специализации с изследвания по атмосферната циркулация и озона Р. Божков провежда в Канадската метеорологична служба (1960-1961, 1965-1966) и в Националния център по атмосферни изследвания на САЩ – NCAR (1966-1968). Преподавателската си дейност в областта на стратосферната физика и озона д-р Божков продължава в Ню-Йоркския държавен университет (1968-1969), Метеорологичния департамент в Кайро (1969, 1971 и 2001 г.), Департамента по атмосферна физика към Солунския университет (1991-2006 г.), а също и в Дрезденския технически университет (2002-2005 г.).

В периода 1970-1983 год. д-р Румен Божков е на работа в Световната Метеорологична Организация (СМО) като ръководител на отдела по Атмосферни науки. Неговите отговорности са свързани с утвърждаването и развитието на международните дейности в областта на атмосферните науки, включващи: изкуствени въздействия върху атмосферни процеси (модификация на времето), озона и парниковите газове – въпросите по изменение на климата. В периода 1978-1982 е ръководил проекта на СМО по увеличение на валежите в Испания. Той е инициаторът на първата международна научна кампания през 1975 за оценка на състоянието на озоновия слой в атмосферата. Тази инициатива постави в центъра на вниманието на световната общественост реалната опасност за разрушаването на озоновия слой от хлорвъглеводородните, бромни и други синтетични съединения и доведе до развитието на Global Ozone Observing System (GO₃OS) в СМО. Също така има активни приноси в сътрудничеството и подготвителните работи по Виенската Конвенция и Протокола от Монреал. В периода 1984-87 година продължава изследванията си, свързани с озона в Канадската служба по околната среда в Центъра на СМО (World Ozone Data Center) с позицията на „водещ учен“ (еквивалент на универ-



ситетски професор). Всеобхватният качествен контрол на данните за озона и изясняване на ефекти от атмосферната циркулация като квази-двугодишната осцилация (QBO) върху промените на озона, както и удвояването на съдържанието на озон в приземния слой през последното столетие и **идентифицирането на основните климатични последствия** в резултат от промените на съдържанието на атмосферния озон са неговите основни приноси в тази област.

От началото на 1988 г. е отново в СМО, като той е основният организатор на WMO/UNEP Ozone Assessments през 1988, 1990, 1991, 1994 и 1998 год. Явява се движещата сила в обновяването на глобалния мониторинг на атмосферния състав чрез инициираната от СМО система за глобално наблюдение над атмосферата (GAW).

В периода 1991-2003 година е „Специален съветник на Генералния секретар на СМО по озона и Глобалната околнна среда“ (и също така на Изпълнителния директор на UNEP, 1991-1997 г.). През 1992 г. е определен за **заслужил водещ учен** на Канадската служба по атмосфера и околнна среда. Понастоящем проф. Р. Божков е главен координатор за Наградата на СМО/ОАЕ за научни постижения по изкуствени въздействия на времето (Weather Modification). През целия си професионален живот той е работил неуморно за стабилно международно сътрудничество в областта на метеорологията и за подобряване на метеорологичното оборудване в развиващите се страни, за които е отличен с много държавни награди.

През 1984 год. е бил избран за секретар на *International Ozone Commission of IAMAS-ICSU*, три пъти преизбиран, като през 2000 год. е отново Honorary Member на Комисията по озона. Избран е за член на Американското метеорологично дружество през 1986 г. и е записан в енциклопедията „Кой кой е в света“. През 2000 г. е обявен за почетен член на Гръцкото метеорологично дружество. Четири пъти е отличаван с почетни грамоти от Американския геофизичен съюз. Получавал е почетни грамоти за изучаване на стратосферата от Федералната администрация по авиация-САЩ, от Комисията по атмосферни науки (CAS) към СМО, Балканския съюз на физиците и други. Проф. д-р Румен Божков е носител на престижните награди на ООН за „изтъкнати и забележителни приноси към съхраняването на озоновия слой“, връчени по случай 10-годишнината на Виенската Конвенция и по случай 20 годишнината на наградата през 2005 год. Тези награди се присъждат за изключителен принос към успеха на Виенската Конвенция.

През 2006 год. получава специална признателност от Президента на Обединените Арабски Емирства за изключителния му принос в научния подход, свързан с изследванията по въздействията на някои атмосферни процеси (с цел увеличаване на валежите, борбата с градушките и др.) в световен мащаб.

Проф. д-р Румен Божков има над 117 реферирали научни статии в престижни световни списания, университетски учебник по атмосферна физика, 6 научни брошюри. Освен това от него са инициирани, писани и редактирани дузина научно-технически и обзорни отчети по програми на СМО, познати на международната научна общественост.

Честит Юбилей проф. Божков и с най-добри благопожелания за здраве и нови творчески достижения!

ШЕСТА ГЕНЕРАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ НА БАЛКАНСКИЯ ФИЗИЧЕСКИ СЪЮЗ ВРУ-6 ИСТАНБУЛ, 16.08-22.08.2006 г.

Балканският физически съюз (БФС) провежда своите общи генерални конференции съгласно Устава на всеки три години. Шестата конференция се проведе в Турция за втори път след конференциите в Солун (1991), Измир (1994), Клуж (1997), В.Търново (2000) и Врнечка Баня (2003). Турските колеги поеха домакинството през 2003 с голямо желание и изпълниха своите обещания, като организираха образцово конференцията и осигуриха, заедно с Международния програмен комитет, една силна научна програма от всички области на физиката.

В конференцията участваха около 800 участници от Балканските и поканени лектори от още почти 15 страни от Европа, от САЩ, както и от някои страни от Азия (например Ирак). Повече от половината от участниците бяха от Турция, които демонстрираха силно разрастване на обема на научните изследвания по физика, но също – високо качество на получените резултати в някои традиционно силни за турската физика области като ядрената физика. Около една осма от представените за конференцията почти 1000 резюмета на научни доклади бяха от български автори (или с участие на български физици). С качествени и интересни лекции и доклади участваха гръцки и румънски колеги, макар броят на участниците от тези страни да беше по-малък от очакваното.

Научната програма бе реализирана в пет пленарни заседания, на които бяха изнесени 14 поканени лекции от общ интерес по физика на високите енергии, физика на кондензираната материя, ядрена физика и ядрена енергетика, образоването по физика, астрономия и астрофизика и др., а също в заседания по 19 секции и ежедневни постерни сесии. Заседанията се провеждаха в сградата на Природния факултет и на Ректората на Истанбулския университет в центъра на Истанбул. Бих желал да повторя своята висока оценка за научната страна на ВРУ-6, която демонстрира нивото на съвременната физика и много доброто средно равнище на изследванията по физика в балканските страни.

Същата висока оценка заслужават и събитията от социалната програма на конференцията. Всекидневни приети за участниците в музеи и дворци на Истанбул – град на два континента, една незабравима вечерна разходка с кораб по Босфора, многобройните колегиални срещи направиха престоя на участниците в Истанбул едно вълнуващо преживяване.

В дните на конференцията, пак съгласно Устава на Балканския физически съюз, се състоя редовното събрание на Съвета на БФС. За нов член бе приет Съюзът на физиците и математиците от Черна гора, с което броят на страните-членки стана 10. Нерешен остана въпросът с членството на колегите от Р. Босна и Херцеговина които членуват в два отделни съюза на физиците в двете части на федерацията, а съгласно Устава в БФС от една страна може да членува само едно дружество (независимо от декларираните добри отношения между двете босненски дружества). На заседанието на Съвета на БФС бе направен преглед на тригодишната дейност 2003-2006 год. на Балканския съюз, а също бяха обсъдени и други въпроси, като организирането на Балкандиада по физика. Избрано бе и ново ръководство на БФС в следния състав:

Президент:

проф. Метин Арик (Р.Турция) –
след спечелване на избора в конкуренция
с проф. Ал. Калбoreану (Румъния).

Вицепрезидент:

проф. М. Попович (Р. Сърбия)

Изпълнителен секретар:

Е. Ламбрис (Гърция)

Научен секретар:

проф. Н. Тончев (България)

По време на конференцията и на заседанието на Съвета на БФС бе подчертана важността на отношенията на БФС с Европейското физическо дружество (ЕФД), грижливо поддържани от досегашното председателство на БФС. Двамата председатели на ЕФД за периода 2001-2005 год. – проф. М. Дюкллоа (Франция) и проф. М. Хубер (Швейцария) присъстваха на конференцията и имаха възможност да оценят нивото на физическите науки в Югоизточна Европа и организацията на БФС, голяма част от членовете на който членуват и в Европейското физическо дружество. Някои дребни проблеми, възникнали като резултат от вътрешни отношения между турски колеги и прибързани действия на гръцки колеги, показваха колко деликатна област са международните колегиални взаимоотношения, дори между съмишленици.

На заседанието бе определена само страната-домакин на следващата конференция през 2009 год., която ще се проведе в Гърция, а домакините ще предложат града-домакин.

Шестата генерална конференция на БФС – ВРУ-6 бе едно положително и радостно събитие в живота на физиците от балканските страни, преминало при активно участие на българските физици.

Проф. д-р на физ. н. Иван Лалов
Президент на Балканския физически съюз
(2003-2006)

ТЕОРЕТИЧНА И КВАНТОВА МЕХАНИКА

Университетски учебник на български преподавател,

издаден от световно международно издавателство –

Theoretical and Quantum Mechanics – Fundamental for Chemist.

Springer, Dordrecht, The Netherland, 2006

Тази книга на Стефан Иванов е написана въз основа на курса, който много години успешно се чете в Химическия факултет на Софийския университет. След двете издания на български, които са изчерпани, тя се издава от едно авторитетно световно издавателство на английски. Ето какво пише издавателството на корицата на книгата:

„Тази книга е неоценима за студентите бакалаври и магистри по химия, за химиците, за учените не физици, за студентите от техническите университети по съвременни техника и технология, за специалисти, които се нуждаят от по-добро разбиране на квантовата механика. Тази книга е уникално написана да бъде използвана като курс за самостоятелна подготовка по теоретична и квантова механика.“

Книгата, която по същество е въведение в теоретичната и квантовата механика за химика, може да му служи като настолна книга. В нея са включени онези части от квантовата механика, които са от фундаментален характер и/или са полезни за химика, а от класическата механика са изложени темите, които имат отношение към тях и ги поясняват. Книгата запознава химиците с квантовия строеж на основния обект на химията, атома.

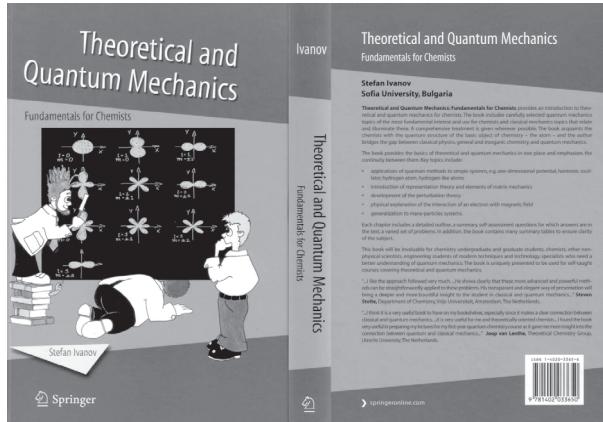
Тези съображения определят основните моменти в съдържанието на книгата:

1. Представени са в една книга основите на теоретичната механика и на квантовата механика, за да се подчертава връзката между тях;

2. Темите от теоретичната механика са избрани по два критерия:

а) полезни за химическите проблеми:

- задачата за две тела;
- въртеливо движение на заредена частица (свободна или в атома);
- взаимодействие на магнитно поле с магнитен дипол;
- хармонични трептения и трептения на молекули;



b) необходимост от преход от класическата механика към квантовата механика:

- основи на механиката на Лагранж;
- основи на механиката на Хамилтон;

3. Подробно е обяснено на приложението на квантовите методи към прости системи: единомерен потенциал, хармоничен осцилатор, водороден атом, водородоподобни атоми;

4. Дадени са основи на теорията на представянето и елементи на матричната механика;

5. Развита е теорията на пертурбациите;

6. Взаимодействието на атома с магнитно поле е изложено физически.

7. Обобщението за системи с много частици е направено в последните две глави.

Авторът широко използва класическата интерпретация, за да се придобие представа за явленията и подчертава, че това е само една представа. Такава представа помага много да се разбере смисълът на характеристиките и/или явленията, без да променя университетският характер на курса.

Тъй като традиционно студентите по химия имат скромна подготовка по физика и математика, аксиоматичният метод на изложение на квантовата механика не се прилага от автора. Той започва от ниско ниво, което компенсира отчасти с подробното обяснение на историческите източници на квантовата механика. За преодоляване на скока от ниското към по-високото ниво служи избраният в началото на квантовата механика подход да се търси чрез експерименталните наблюдения отговор на зададените от природата въпроси. Този подход води до важни изводи и обуславя въвеждането на вълновата функция преди уравнението на Шрьодингер.

За читателите, които искат да разширят знанията си по предмета, авторът:

- посочва конкретни глави и параграфи на книги в литературата към всяка глава;
- дава обширен списък на литература с кратък коментар в края на книгата.

Аз бих сумирал най-характерното за книгата като:

- теоретичната механика и квантовата механика са в една книга;
- книгата, въпреки двете механики, е едно цяло и различните теми и частти са свързани една с друга; и като в университетски курс материалът е представен строго и последователно;

– много често в книгите по квантова механика математичните операции скриват физиката на въпроса; за заобикаляне на това авторът излага подробно математичните изчисления и методи и описва физическия смисъл на всяка математична категория и на всяко уравнение, където е възможно;

- подробен преглед в началото на всяка глава (той е даден в съдържанието към тях);
- всяка глава завършва с резюме;
- всяка глава е последвана от въпроси за самостоятелна подготовка
- внимателно подбрани задачи са включени в края на всяка глава; те са интегрална част от курса и се решават на семинарни занятия;
- включени са нетипични за двете механики теми, но много необходими за химиците и/или за по-доброто последователно обяснение (например, въртеливо движение на заредена частица, магнитен диполен момент, интерференция и дифракция, математична информация за вариациите, подробности за различни уравнения и функции и т. н
- дадени са много таблици и векторни интерпретации, както и векторни диаграми на моментите на импулса (орбитален, спинов и пълен) и техните връзки.

И накрая ще цитирам от задната корица на книгата двамата рецензенти:

„Аз харесвам направеното изложение много... Той ясно показва, че тези по-напредничави и мощни методи могат пряко да бъдат приложени към тези проблеми. Неговият ясен и елегантен начин на представяне ще донесе на студентите по-дълбок и по-щедър поглед в класическата и в квантовата механика...“ Стивън Столте, Химически факултет, Свободен Университет, Амстердам, Холандия.

„Аз мисля, че е много полезно да имам тази книга на моята лавица, по специално тъй като тя прави ясна връзката между класическата и квантовата механика... Тя е много полезна за мен и теоретично ориентираните химици. Аз намирам книгата за много полезна при подготовката на моите лекции за първата година на курса по квантова химия, тъй като дава по-добър поглед за връзката между квантовата и класическата механика...“ Йоп Ван Ленте, Група по теоретична химия, Уtrechtски университет, Холандия.

Б. Гълъбов

„ОТ УМА И ОТ СЪРЦЕТО“



Физиката е сериозна наука и затова нейното съдържание трябва да се възприема от читателите след внимателен и задълбочен прочит. Дори когато книга по физика съдържа любопитни и занимателни факти, нейният автор ги „обсъжда“ с читателите сериозно и задълбочено. Този начин на мислене е характерен за физиците, независимо дали са автори и читатели, без оглед на темите, застъпени в книгата. Още по-сериозни бихме очаквали да бъдат мислите, които авторът-физик споделя с читателите си, когато са на границата с философските обобщения, възприемани от читателите като житейски мъдрости, крилати фрази и афоризми. Такива автори сред физиците едва ли са много, защото крилатите мисли се раждат в ума, но се „зачеват“ от сърцето.

Тези „мъдри“ разсъждения предизвика у мен тънката книжка „От ума и от сърцето“, която бих причислил към книгите, които се четат „на един дъх“. Не защото целият текст на книгата е кратък, а защото крилатите авторски фрази в нея предизвикват трудно обяснимо и за самия мен удоволствие и морално удовлетворение. И приятна изненада, защото досега съм познавал автора на книгата – проф. д-р на физ. н. Николай Борисов Велчев – главно като висококвалифициран физик, известен сред колегията с детайлните си, строго структурирани рецензии за докторанти и конкурси за хабилитация. Един откъслечен спомен ме връща и към музикалните умения на автора като пианист и така си обяснявам факта защо в книгата „От ума и от сърцето“ се чувства не само сърдечна мисъл, но и музика.

Впрочем книгата е третата по ред от същия автор. През 2001 г. той издава книгата „Абсурдните реалности“ с продължение през 2004 г., наречено „Още за абсурдните реалности“. Тези заглавия предизвикват у мен шеговито обяснение защо авторът сега се представя с името и презимето си – Николай Борисов, а не с фамилията си (Н. Велчев). Ами фамилията „Велчев“ отшумя в българската политика и се чува само в шума от морския прибой пред фамилните хотели от Черноморието, докато „Борисов“ бе на гребена на политическата вълна. Това, че проф. Н. Велчев (проф. Н. Борисов) няма нищо общо с посочените политически личности, не пречи паралелът да бъде използван като афоризъм, който (дано не съм прекалил) е напълно в духа на книгата „От ума и от сърцето“. Впрочем презимето „Борисов“ има и друг

„високопоставен“ аналог, за който пък самият автор на книгата разказва в нея една любопитна случка, споделена с него от един запален монархист (прочетете я!).

Запознанството с книгата е едно приятно преживяване, което ще достави несъмнено удоволствие на читателя. Ето какво пише самият автор на тази тема: „*Приятно е това преживяване, което човек желае да повтори, уникалното обаче той оставя само като неповторим спомен*“. В книгата има мисли и за млади, и за не чак толкова млади: „Юношеството започва, когато момчето престава да гони момичетата, за да им дърпа косите, а за да ги целува, и приключва след появата на първата лисина върху главата му.“ На жените също е отделено специално внимание: „Тя имаше вид не на жена с много любовници, а на съпруга, чийто мъж не се нуждае от любовници“. Има и цитати на чужди мисли, например: „Стимулират ме неуспехите, не успехите“. И лични впечатления: „След като съм обикалял художествени изложби из целия свят, единствено в една рисунка на знаменития ни художник Стоян Венев (почина преди около петнадесетина години) видях „учуден петел“. Изобразеното учудване на петела върху платното е така ясно и сполучливо предадено, че дори и дете да го беше видяло, бе запитало: „*От какво ли този петел е толкова учуден?*“

Книгата „От ума и от сърцето“ е издание на Университетско издавателство „Паисий Хилендарски“ в Пловдив. Нейната премиера се състоя през м. юни 2006 г. в къщата-музей „Златю Бояджиев“ в града, а в-к „Пловдивски университет отрази представянето й в романтичната музейна атмосфера. Личното ми запознанство с книгата стана по-късно и (казано на шега) аз се почувствах малко като героя от цитираната рисунка на Ст. Венев. Но това не пречи горещо да препоръчам книгата не само на софийските си колеги, но и на всички български физици. Защото в нея има мъдрост, която радва човешката душа.

Л. Вацкичев

Преди години, за съжаление годините текат доста бързо, Емил Вапирев, фен на „Светът на физиката“, предложи да представим бестселъра на Пол Дейвис „About time“, която той като запален библиоман си беше доставил от САЩ. И даже предложи сам да избере и преведе изводки от нея. За съжаление, професионалните му ангажименти, в които той скоро затъна, а след това и неочекваната и преждевременна кончина, не позволиха да реализираме и това си намерение. Сега, благодарение на героичните усилия на М. Бушев, който се зае с неимоверно трудната задача да подбере и да преведе, се състави този колаж от книгата (лично притежание на Емо), която, за съжаление, едва ли има шанс скоро да види бял свят у нас.

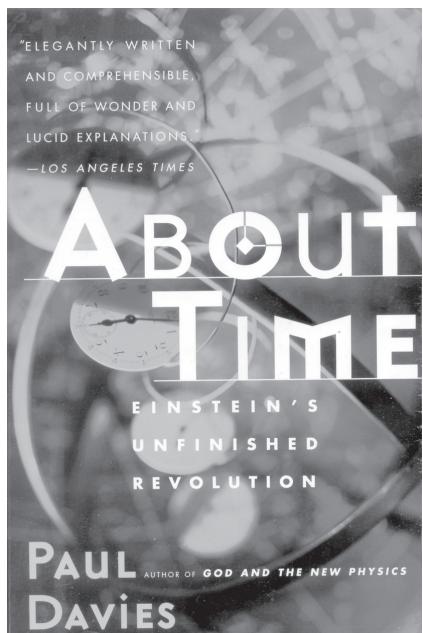
Посвещаваме тазгодишното „Четиво с продължение“ на паметта на проф. д.ф.н. Емил Вапирев.

H. Ахабабян

ОТНОСНО ВРЕМЕТО – Айнщайновата незавършена революция

Част I

Пол Дейвис



Кратки бележки на преводача за автора на книгата

Пол Чарлз Уилям Дейвис (роден във Великобритания през 1946) е физик теоретик, астрофизик и космолог, световно известен автор на повече от двайсет книги – изследователски и научно-популярни. Сред изследователските му работи е откритието (1975) на ефекта на Дейвис-Бънру (ускорено тяло във вакуум изпитва топлинно обльчване), моделът на Бънч-Дейвис (1977) за възникването на едромащабната структура на вселената като флуктуации на вакуума в периода на инфлация, фазови преходи във въртящи се черни дупки и др. Сред книгите му, повечето от които са преведени на много други езици, са заглавия като: *Физика на времевата асиметрия*

(1974), *Пространство и време в съвременната вселена* (1977), *Природните сили* (1979), *Други светове* (1980), *Краят на безкрайността* (1981), *Случайна-та вселена* (1982), *Квантова механика* (1984), *Последните три минути* (1994), *Петото чудо: в търсene на произхода на живота* (1998), *Как да построим машина на времето* (2001). От дълги години Пол Дейвис е професор по Природни науки в Австралийския център за астробиология към университета *Макуейрир* в Сидни. От 2005 оглавява катедрата по СЕТИ (търсene на извън-земна цивилизация) към Международната академия по астронавтика.

В предлаганата тук книга авторът е обхванал огромен брой актуални физически изследвания, които по един или друг начин опират до проблема за същността на времето. Включени са също така множество любопитни исторически детайли, както и биографични бележки за главните действащи лица в непресекващото търсene на човешката мисъл, посветено на времето. Поради ограниченията на обема обаче много от тези полезни и увлекательни части трябва да бъдат пропуснати.

Из Предговора

Това е втората ми книга за времето. Първата (1974) беше за професионални физици.

Интересът към загадката на времето е стар колкото човечеството. Темата за времето е централна във всички религии и в продължение на векове е била източник на доктринални спорове.

Макар времето като измерима величина да навлиза в науката с трудовете на Галилей и Нютон, едва през 20 в. то се превръща в самостоятелен проблем. Това дължим преди всичко на Алберт Айнщайн. Но макар Айнщайновата теория на относителността да е от едно столетие, нейните странни изводи все още не са широко известни. Айнщайновата теория беше революция в нашите съвращения за времето, но много от следствията ѝ тепърва има да се изследват. Възможността за пътуване във времето започна да се проучва едва напоследък, а предстои още да се изясняват границите на валидност на тази теория, неяснотите относно възрастта на вселената, трудностите в обединяването на Айнщайновото време с квантовата физика.

Книгата е предназначена за широката публика. И все пак читателят може да остане смутен и скептичен, а след прочитането да има даже повече възражения и въпроси. Това е добре, същото почувствах и аз след написването на книгата.

Гл. 1. МНОГО КРАТКА ИСТОРИЯ НА ВРЕМЕТО

Все пак за чие време става дума?

В полуутъмна лаборатория в Бон лежи метален цилиндър, подобен на под-

водница. Той е дълъг около три метра и е настанен удобно в стоманена поставка, заобиколен от жици, тръби и циферблати. На пръв поглед цялото устройство наподобява огромен автомобилен двигател. В действителност това е часовник, а по-точно – *часовникът*. Уредът в Бон, както и мрежата от подобни уреди по целия свят, взети заедно, съставят „стандартния часовник“. Отделните уреди, измежду които сега най-точен е немският модел, представляват целиеви атомни часовници. Те непрестанно се наблюдават, сравняват, сверяват се посредством радиосигнали от спътници и телевизионни предаватели, така че да бъдат в почти идеален синхрон. Данните постъпват в Международното бюро за мерки и теглилки в Севр, недалеч от Париж, анализират се и се предават като радиосигнали – онези фамозни бипкания, по които сверяваме часовниците си.

Все пак чие време показва часовникът в Бон? Вашето? Моето? Божието? Дали учените в тази лаборатория не следят пулса на вселената, като с атомна надеждност старательно отбелязват никакво абстрактно космическо време? Би ли могъл да съществува друг часовник, най-вероятно на някоя друга планета, който за радост на своите създатели надеждно да отброява никакво друго време?

Добре знаем, че часовниците могат да не показват еднакво време. Тогава кой от тях е *правилният*? Може би този в Бон, тъй като е по-точен. Но точен относно *какво*? Относно *нас ли*? В крайна сметка часовниците са изобретени да показват времето изцяло за нуждите на хората. Обаче дали всички хора са с едно и също време? Пациентът на зъболекарския стол и слушателят на Бетовенова симфония изпитват един и същ интервал на атомния часовник по твърде различни начини.

Стремежът към вечността

В борбата ни да постигнем съгласие с духовната и физическата реалност нищо не ни притеснява толкова много както въпросът за природата на времето. Парадоксалното съчетание на преходност и вечност е смущавал човека, откакто съществува. Платон стига до извода, че бързотечният свят на ежедневието е само наполовин реален – мимолетно отражение на безвремеви свят на чисти и идеални форми в царството на вечността. Самото време е само едно несъвършено „движещо се подобие на вечността“, което хората се опитват да овеществят, макар че „минало и бъдеще са видове възникващо време и, като ги отнасяме към вечната същност, ние, без да забелязваме, правим грешка“ (Платон, *Тимей*, 37 e – б.pr.).

Нестихващото напрежение между преходното и вечното прониква в религията и поражда многовековни, понякога твърде разгорещени, теологични спорове. Вътре във времето или вън от времето е Господ? Преходен или вечен? Процес или съществуване? Според Плотин, философ езичник от тре-

тото столетие, да съществуваш във времето значи да съществуваш несъвършено. Поради това чистото съществуване (т.е. Господ) трябва да се характеризира с липса на каквато и да е връзка с времето. За Плотин времето е затвор за човешките същества, който ни разделя от божественото царство – истинската и абсолютна реалност.

Вярата, че Господ съществува извън времето, се споделя от много християнски мислители от ранни времена до днес. Августин поставя Господ в царството на вечността, където времето не тече, а по-скоро Господ усеща всички времена наведнъж.

Така че Бог на класическото християнство не само съществува извън времето, но заедно с това познава бъдещето, миналото и настоящето. Тогава може ли един напълно безвремеви бог да има каквато и да е логическа връзка с променящия се свят на хората? Очевидно е, че Бог не може *едновременно* да съществува вътре във и вън от времето. Това поражда множество несътиращи и до днес спорове.

Циклични светове иечно възвръщане

В древните култури връзката с вечността се поддържа жива чрез въвеждане на цикличност в света. „*Времето изправя човека пред множество проблеми, какъвто е този за неотвратимостта и необратимостта: човекът е увлечен от времето и не може да възстанови нито един момент от миналото*“ (Уолтър Онг, 1982).

Отърсането от историческото време се търси посредством религиозни обреди, каквото е ритуалното повтаряне на фрази или жестове, които символично възстановяват предишни събития. Древният празник на Новата година символизира периодичното прераждане и обновяване на природата. В някои случаи това е повторение на самия акт на сътворението – мистичният преход от хаос в космос (дгръц. за „ред“ – *б.пр.*).

Символиката на тази широко разпространена традиция произтича от древната вяра в цикличност на времето. Много от годишните ритуали имат езически произход и предшестват християнството, но векове наред се толерират от църквата въпреки непримиримото ѝ противопоставане на цикличното време.

Въпреки силното влияние на линейното време в европейската култура в нея могат да се намерят немалко белези на открита цикличност. Ярката връзка с естествената цикличност на сезоните, употребата на повторения в изкуствата, философията на „нищо ново под слънцето“ говорят за стремеж към откъсване от неумолимата стрела на времето.

Както ще видим, съществува модерен вариант на Айнщайновата космология, в който съществува циклична вселена. Мнозина са склонни да виждат в нея перспектива за циклично космическо обновяване. Има обаче огромна разлика между общо космическо обновяване и вселена, която безкрайно се повтаря във всеки най-малък детайл.

Нютоновото време и вселената часовник

Древните гръцки философи развиват системна геометрия и я издигат до философски светоглед, но времето остава за тях нещо неясно и загадъчно, въпрос на митологията, а не на математиката. Ученietо на Аристотел за движението на телата го кара да оцени фундаменталното значение на времето, но той така и не съумява да въведе идеята за времето като абстрактен математически параметър. За Аристотел времето е движение. Представата за времето като независимо съществуващо възниква едва през европейското средновековие.

Пръв Галилей вижда времето като фундаментална измерима величина в закономерното поведение на космоса. Докато седи в черквата, той измерва колебанията на фенер спрямо собствения си пулс и открива основния закон на махалото – неговият период не зависи от амплитудата на колебанието. Скоро в Европа настъпва ерата на все по-точните часовникови механизми. Те са нужни на мореплавателите, за да могат по времето и по разположението на звездите да изчисляват точното си местоположение. Географските открития тласкат силно напред развитието на корабни хронометри.

Определящото значение на времето в законите на вселената става напълно ясно едва с откритията на Нютон към края на 17 в. Изложението на своите *Математически принципи на натурфилософията* той започва с прочутата си дефиниция на „абсолютно, истинско и математическо време, което по своята собствена природа тече равномерно и независимо от всичко външно“. Централна за цялата Нютонова схема е хипотезата, че под действието на ускорявящите ги сили материалните тела се движат през пространството по *предсказуеми* траектории, в съответствие със строги математически закони. След като открива кои са тези закони, Нютон успява да изчисли движението на Луната и планетите, а така също траекториите на снаряди и други земни тела. Това е гигантска стъпка напред в човешкото разбиране за физическия свят и началото на това, което днес разбираем под научна теория.

Нютоновите закони на механиката се оказват толкова успешни, че мноzина ги смятат валидни буквально за всеки физически процес във вселената. От този възглед възниква представа за космоса като за гигантски часовников механизъм, който е предсказуем във всеки свой детайл. Вселената часовник превръща времето във фундаментален параметър в механизмите на физическия свят. То символизира закона за причината и следствието, както и цялата рационална същност на космоса. И придава на света образа на божествения часовникар.

Големият френски математик и физик Пиер дьо Лаплас – човекът, който казва на Наполеон, че „не се нуждае от такава хипотеза“, когато става дума за ролята на Господ в Нютоновата вселена, стига до извода, че щом всяко движение е математически определено, тогава сегашното състояние на движе-

ние на вселената е достатъчно, за да се определи то за всяко време – бъдеще и минало. В такъв случай времето по същество става ненужно, тъй като бъдещето вече се съдържа в настоящето. Или както белгийският химик Иля Пригожин отбелязва, Господ-часовникарят е принизен до прост архивар, който разгръща страниците на космическата история, но тя вече е написана. Там където повечето древни култури разглеждат космоса като изменящ се жив организъм, Нютон провъзгласява твърд детерминизъм, свят на инертни частици и сили, подчинени на безкрайно точни закономерности.

По своята дълбока същност Нютоновото време е математическо. След Нютон протичането на времето става нещо повече от прост поток на нашето съзнание – то започва да играе фундаментална роля в нашето описание на физическия свят, става нещо, което може да се анализира с неограничена точност. Нютон прави с времето това, което гръцките геометри правят с пространството – идеализира го до точно измерима величина. То вече не е нито илюзия, нито духовно творение на смъртни същества при неуспешния им опит да уловят вечността; това е така, защото времето е заложено дълбоко в самите закони на космоса – основата на физическата реалност.

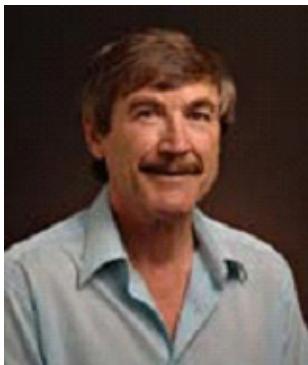
Айнщайновото време

Нютоновото време е времето на „здравия разум“. То лесно се разбира. Според Нютон има само едно всеобхватно универсално време. Него просто го *има*. На него нищо не може да му повлияе, то просто си тече равномерно. Когато и където да сме, както и да се движим, каквото и да правим, времето просто върви по един и същ начин за всички.

Наред с всичко друго Нютоновата представа за време ни внушава да го делим на минало, настояще и бъдеще по един абсолютен и универсален начин. Тъй като целият свят е в едно общо време и едно общо „сега“, то всеки един наблюдател, където и да се намира той, ще се съгласи, че миналото е еднакво за всички, а бъдещето за всички предстои. Всъщност повечето хора извън науката именно така схващат реалността.

Но този прост възгled за времето е фундаментално погрешен. Преди настъпването на 20 век Нютоновото схващане за универсално време води до абсурдни заключения относно поведението на светлинни сигнали и движението на материални тела. Само за няколко години Нютоновият светоглед катастрофално се срива и увлича със себе си обичайната представа за времето. Тази дълбока и далеч отиваща промяна се дължи главно на Алберт Айнщайн.

Айнщайновата теория на относителността въвежда във физиката една по специфичен начин гъвкава представа за времето. Макар че не възкресява древните мистични схващания за времето като нещо същностно лично и субективно, тя твърдо свързва преценката за време с отделния наблюдал.



Пол Дейвис

Вече никой не може да говори за време *изобщо* – има мое време и твое време в зависимост от това как се движим. *Времето е относително.*

Макар Айнщайновото време да запазва ролята си в структурите на физическите закономерности, психологическият ефект от премахването на универсалното време е драматичен. След откритието на Айнщайн учените навлизат все по-навътре в загадките на времето. Може ли различни видове часовници да измерват различни видове време? Съществува ли естествен часовник или мярка за време на вселената като цяло? Има ли времето начало и ще има ли край? Какво придава на времето определена насоченост, ясно различие между минало и бъдеще? Какъв е произходът на нашето усещане за поток на времето? Възможно ли е пътешествие във времето и ако да как да се разрешат парадоксите, свързани с пътуване в миналото? Забележително е, че въпреки близо столетните изследвания много от тези въпроси все още не са получили удовлетворителен отговор: революцията, започната от Айнщайн, остава незавършена.

Умира ли вселената?

Тъй че, щом светът е изложен на толкова много злини и толкова много опасности, то ако някое по-гibelно зло го постигне, той ще се сгромоляса в опустошение и грамадни развалини.

(Лукреций, За природата на нещата, 5:345. – б.пр.)

Идеята за линейно време влече със себе си схващането за стрела на времето, сочеща от миналото към бъдещето и последователността на събитията. Произходът на времевата стрела като физически принцип все още е научна загадка, за чието значение учени и философи разгорещено спорят. Основната тема на спора е: по-добър или по-лош става светът? Основните религии проповядват вяра в доброто и спасението на човечеството.

В средата на 19 в. физиците откриват законите на термодинамиката и скоро става ясно, че от тях следва универсален принцип на деградацията. Така нареченият втори закон на термодинамиката често се формулира с твърдението, че всяка затворена система се стреми към състояние на пълно безредие или хаос. В ежедневието ние се сблъскваме с втория закон в много познати обстоятелства: нещата по-лесно се развалят, отколкото се поправят; боклукут като че ли сам се натрупва; безплатен обяд няма; законът на Паркинсън и т.н. Приложен към вселената като цяло, вторият закон гласи, че тя неотвратимо се плъзга към крайно състояние на *пълна деградация*, т.е. към

максимално безредие, което се отъждествява със състоянието на термодинамично равновесие.

Мярка за неумолимото настъпление на хаоса е величината „ентропия“, която се дефинира, грубо казано, като мярка за безредието в една система. Тогава според втория закон в затворена система пълната ентропия никога не намалява; в най-добрия случай тя остава постоянна. Почти всички изменения в природата увеличават ентропията. Един от най-ярките примери е начинът, по който Слънцето бавно изгаря ядреното си гориво, бълвайки непрестанно топлина и светлина в гъбините на околното пространство, като с всеки излъчен фотон повишава ентропията на космоса. В крайна сметка Слънцето ще изразходи горивото си и ще престане да свети. Същата бавна деградация очаква всички звезди в космоса. През 19 в. това предвиждане стана известно като „топлинна смърт на вселената“. Термодинамичното „изчерпване“ на вселената е в рязко противоречие с идеята за Нютоновата вселена часовник. Вместо да разглеждат вселената като идеален механизъм, физиците вече я възприемат като гигантска топлинна машина, която бавно изчерпва горивото си. Машините с вечни двигатели се оказват нереална идеализация и смущаващият извод е, че вселената бавно умира.

Вторият закон на термодинамиката въвежда в света стрела на времето, защото нарастването на ентропията като че ли е необратим процес на „спускане надолу“. По странно съвпадение на обстоятелствата, точно когато физиците се мъчат да осмислят лошата новина за умиращата вселена, Чарлз Дарвин отпечатва знаменитата си книга *Произход на видовете*. Макар че еволюционната теория шокира хората значително по-силно от предсказанието за топлинна смърт на вселената, основната идея на Дарвиновата книга по същество е оптимистична. Биологичната еволюция също въвежда в природата стрела на времето, но тя сочи в обратната посока, така че еволюцията изглежда като „изкачване нагоре“. Жivotът на Земята започва във формата на примитивни микроорганизми и с течение на времето се развива до биосфера с невероятна сложност на организацията, с милиони сложно структурирани организми, превъзходно адаптирани към своите екологични ниши. Докато термодинамиката предсказва дегенерация и хаос, биологичните процеси се стремят към развитие, като създават ред от хаоса.

Самият Дарвин (*Произход на видовете*, 1860) е убеден, че в природата има вроден стремеж към усъвършенстване: „Така както естественият отбор работи единствено за и посредством доброто на всяко същество, така всички телесни и духовни качества се стремят към съвършенство“.

Обаче напредъкът в природата не се съгласува добре нито със слепия термодинамичен хаос, нито с безцелния хаос, който по предположение лежи в основата на Дарвиновата еволюция. Напрежението между схващането за развиваща се биосфера от една страна и вселена, обречена на топлинна смърт,

от друга, създава объркване сред учените. Някои от биолозите, по-специално във Франция, били склонни да омаловажават основната Дарвинова идея за случайните мутации и да я заменят със загадъчното свойство, наречено *elan vital* или жизнена сила, която тласка организмите към развитие в противовес на хаотичните тенденции на процесите в неживата природа. Вярата в такава жизнена сила се е запазила в някои общности извън науката даже до днешно време. Някои философи и учени, обезпокоени за крайната съдба на вселената, твърдят, че вторият закон на термодинамиката би могъл при определени обстоятелства да се заобиколи или да е невалиден за вселената като цяло.

Спорът продължава и до днес. Биолозите отдавна са отхвърлили жизнената сила, но мнозина твърдят с плам, че всяко впечатление за напредък в биологичната еволюция просто е резултат от пожелателно мислене и културна среда. Според тях пътят на еволюционните изменения по същество е случаен или по образния израз на Жак Моно „това е случайност, хваната за крилото“. Други учени, много от които са повлияни от трудовете на Иля Пригожин, признават съществуването на *самоорганизация* в природата и твърдят, че развитието към по-голяма сложност на организацията е универсална закономерност. Спонтанната самоорганизация не е непременно в противоречие с втория закон на термодинамиката: такива процеси винаги произвеждат ентропия като страничен продукт, така че възникването на ред от хаоса трябва да бъде заплатено на определена цена. Колкото се отнася до крайната участ на вселената, коя от двете противоположни тенденции – растяща сложност или увеличаваща се ентропия – ще надделее в крайна сметка, зависи в най-голяма степен от приетия космологичен модел. Читателите, които се интересуват от есхатологични въпроси, биха могли да прочетат моята книга *Последните три минути*.

Възвръщането на вечното възвръщане

Даже в разгара на пререканията между оптимисти и пессимисти, към края на 19 в. относно посоката на космическата стрела на времето идеята за цикличност навлиза по удивителен начин в Западната наука. Физиците се мъчат да изяснят произхода на термодинамичните закони с помощта на атомната теория на веществото. Най-основният термодинамичен процес е противането на топлина от горещо към студено – еднопосочен процес, който символизира втория закон. Във Виена Лудвиг Болцман се заема да намери математическо обяснение на този поток като движение на молекули. Той разглежда голям брой молекули, затворени в кутия с твърди стени и движещи се хаотично, сблъсквайки се помежду си и в стените на кутията.

С този модел Болцман представя произволен газ. Той разбира, че безредното движение на молекулите се стреми да разрушчи всяка подреденост и да смеси твърде ефикасно ансамбъла от частици. Например температурата на

газа се определя от средната скорост на молекулите, така че ако в даден момент газът е бил по-топъл в определена област, молекулите там средно ще се движат по-бързо от останалите. Но това не трае дълго. Бързите молекули се сблъскват с по-бавни и им отдават част от кинетичната си енергия. По-високата енергия на молекулите от топлата област ще се разсее по всички останали, докато се стигне до обща за целия газ средна молекулна скорост.

Болцман подкрепя тази приемлива физическа картина с подробни изчисления, в които прилага Нютоновите закони за движението на молекулите, след което прилага статистически методи, за да изведе колективното поведение на голям брой молекули. Така открива величина, даваща мярка за степента на хаос в газа. Болцман доказва, че тази величина винаги расте в резултат на междумолекулните удари, с което подсказва, че може да се отъждестви с термодинамичната ентропия. Ако е така, то Болцман извежда втория закон на термодинамиката от Нютоновите закони.

Малко след това голямо постижение френският математик и физик Анри Поанкаре открива в разсъжденията на Болцман сериозен недостатък, като доказва строго, че краен брой частици, затворени в кутия и подчиняващи се на Нютоновите закони на движението, трябва винаги да се връща в своето начално състояние (или много близо до него) след достатъчно дълъг период от време. Така че състоянието на газа претърпява периодични „възвръщания“. Теоремата на Поанкаре води към очевидния извод, че ентропията може да расте до някакъв етап, след което тя трябва да намалява, така че газът да се върне към изходното си състояние. С други думи поведението на газа в достатъчно голям машаб от време е циклично. Тази цикличност в състоянието на газа може да се обясни с присъщата на Нютоновите закони времева симетрия, т.е. тези закони не правят разлика между минало и бъдеще.

Дължината на циклите на Поанкаре е извънредно голяма – около 10^N секунди, където N е броят на молекулите (около трилион трилиона в 40 литра въздух). Възрастта на вселената е само 10^{17} секунди, така че трайността на циклите е огромна даже за една шепа молекули. В случая на макроскопична система дължината на циклите на Поанкаре многократно превишава всички познати времеви скали. И все пак циклите са крайни, поради което не може да се отрича, че на някакъв етап в много далечното бъдеще ентропията може да намалява. Така е показано, че Болцмановият извод за увеличаването на ентропията само като следствие от междумолекулните удари е грешен. Този извод скоро бива заменен с не съвсем ясното статистическо изискване, че ентропията на газа *най-вероятно* ще расте. Възможно е намаляване на ентропията в резултат на статистически флуктуации. Обаче шансовете за такава флуктуация намаляват силно с нейния размер, така че големите понижения на ентропията са твърде малко вероятни, макар че по принцип са възможни. Самият Болцман допуска, че е възможно

вселената да претърпява цикли на Поанкаре и че съвременното относително подредено състояние на вселената е възникнало в резултат на фантasticallyично рядко намаление на ентропията. Почти през цялото време състоянието на вселената би било близко до равновесие, т.е. до състояние на топлинна смърт. Това показва, че космическата топлинна смърт не е вечна, а е възможно възстановяване на вселената.

Идеята на Поанкаре за възвратите има статистически характер. Възвръщането наподобява разбъркването на тесте карти, което, благодарение на крайния брой на картите в тестето, трябва да повтаря появата на дадено състояние безкрайно много пъти. Състоянието на картите е аналогично на състоянията на газа, а процесът на разбъркване играе ролята на хаотичните междумолекулни удари.

Как всичко е започнало

Айнщайн е разбирал много ясно конфликта на идеите относно стрелата на времето. Още в годината, когато формулира своята теория на относителността (1905, специалната теория на относителността – *b.pr.*), той прави забележително изследване върху статистическата механика на молекулните движения. Но въпреки това неговият първи опит да построи модел на вселената е основан върху предположението, че тя е статична и неизменна. Тук той не е сам. Повечето астрономи на 19 в. вярват, че вселената като средно е оставала почти една и съща през всички епохи. Вярата в устойчив, вечен космос, в който дегенеративните процеси непрестанно се компенсират от процеси на регенерация, датира от времето на древна Гърция. Подобни модели съществуват и в днешно време като варианти на теорията за статичната вселена.

Така че космологиите могат да се разделят на четири класа. Първият е ортодоксалният научен модел за вселена, която възниква в краен момент от миналото и бавно деградира към топлинна смърт. Вторият е за вселена с определен произход, която обаче се развива въпреки втория закон на термодинамиката. Третият е за цикличната вселена без определено начало или край, претърпяваща или строго повторение, или статистически възврати. Накрая това е идеята за статичната вселена, в която локалните процеси могат да са дегенеративни или прогресивни, но вселената като цяло завинаги остава почти една и съща.

Няма съмнение, че широката популярност на първия от тези космологични модели е свързана с дълбоко вкорененото религиозно вярване в създадена от Бог вселена. Въз основа на библията се правят изводи, че Господ е създал вселената преди няколко хиляди години и тя само изглежда по-стара. Но ако Господ може да създаде млада вселена, която да изглежда стара, той би могъл да я създаде и преди две хиляди години (за да съвпада с раждането

на Христос), а и още по-късно, защото всички данни за възраст на земята (геологки – напр. останки от динозаври, исторически и археологически) и за възраст на вселената (астрономически – напр. раждане на нови звезди) биха могли да са създадени от същото това всемогъщо същество.

Но да се върнем към времето като измерима физическа величина. Светът е рационален и ние можем да търсим отговорите на рационални въпроси относно времето като тези за произхода на стрелата на времето както и за времето, когато вселената е възникната, ако тя изобщо е имала начало. Нютоновата космология на вселената часовник и дошлата след нея космология на обречената на термодинамична смърт вселена са основани върху твърде опростено схващане за времето. Нужен беше гений като Алберт Айнщайн, за да обясни защо е така.

Гл. 2. ВРЕМЕ ЗА ПРОМЕНИ

Дар от небесата

На хиляда и петстотин светлинни години от нас, в създедието Орел, се намира странна астрономична система. Позната под загадъчното означение PSR 1913 + 16 или по-просто „двойният пулсар“, тя се състои от двойка изгрели, колапсирали звезди, подскачащи една около друга в бавен танц на смъртта. Всяка от тях съдържа повече материал от нашето Сълнце, но той е свит в такъв малък обем, че едва би покрил Манхатън.

Моята история на Айнщайновото време започва с една от тези звезди. Тя се завърта няколко пъти за една секунда, а заедно с нея се върти и нейното магнитно поле – трилион пъти по-силно от земното, – което създава мощно космично динамо. Блуждаещи електрони, попаднали в това магнитно поле, получават скорост, почти равна на светлинната. Когато се въртят по кръгови траектории, електроните изпускат напред тесен сноп електромагнитно лъчение. Заедно с въртенето на звездата този сноп обхожда вселената подобно на светлината от морски фар. Всеки път, когато снопът прекоси Земята, нашите радиотелескопи регистрират кратък сигнал. Поредицата от такива сигнали прави двойната звезда един твърде специален обект – пулсар. Когато беше открит първият пулсар, през 1967, той беше сметнат полусериозно за радиосигнал на извънземна цивилизация – толкова равномерни бяха поредиците от регистрирани импулси. Но пулсарите са изцяло природни обекти и учените много скоро оцениха това, че точно тези радиоизлъчвания ги правят най-точните часовници във вселената. Например на 1 септември 1974, малко след тяхното откриване, пулсационният период на PSR 1913 + 16 се оказва равен на 0.059029995271 секунди.

В бинарния пулсар звездата часовник не само се върти около оста си и излъчва импулси – тя заедно с това се върти около своя партньор. Това орби-

тално движение оставя своя отпечатък върху непрестанното бипкане на радиоимпулсите. Темпото на пулсиране, което е извънредно регулярно за статичен пулсар, се отклонява по честота ту в една, ту в друга посока. Астрономите усърдно отбелязват всяка най-малка подробност на тези изменения с точност на наблюденията до 50 микросекунди. За тях двойният пулсар е толкова полезен и неочекван, че те го смятат за небесен дар.

Този дар изниква от данните на рутинни изследвания за нови пулсари на студента Ръсел Хълс, от Масачузетския университет в Амхърст. Неговият ръководител на дипломната работа, младият професор Джозеф Тейлър, го изпраща през лятото на 1974 да работи на най-големия радиотелескоп в Аресибо, Пуерто Рико. Хълс има късмета да улови слабите периодични сигнали на 2 юли, но когато през август наблюдава отново обекта, той е поразен от промяната на периода; тази промяна продължава и по време на наблюдението. Ако обектът е пулсар, неговите импулси трябва да са абсолютно регулярни. Към септември Хълс открива, че изменението в периода следват определена закономерност. Той се убеждава, че пулсарът трябва да е част от бинарна звездна система, като измененията в периода трябва да се дължат на орбиталното движение на пулсара. Скоро става ясно, че партньорът му е също като него колапсирала звезда и че PSR 1913 + 16 представлява почти идеална естествена лаборатория за проверка на Айнщайновата теория на относителността. Откритието е оценено така високо, че Хълс и Тейлър получават Нобеловата награда по физика за 1993.

Вариациите на импулсите от бинарния пулсар биха били съвършено неразбираеми, ако не беше теорията на Айнщайн. Неговата роля в историята на науката е такава, че той самият би могъл да бъде наречен дар от небето. През 1905, Айнщайновата *Annus Mirabilis*, в разстояние на няколко месеца той прави *три* фундаментални революции във физиката. Първата е квантовата теория (обяснението на фотоефекта); втората е статистическата механика (теория на Брауновото движение). Обаче най-ярки и най-далеч отиващи са последствията от неговата трета статия. Озаглавена доста безобидно „Върху електродинамиката на движещи се тела“, тази статия се състои от десетина страници елементарни математически изводи и има за цел да изясни поведението на електрични заряди в движение. Но в сърцевината на създадената от Айнщайн концептуална буря лежи идеята за *времето*. След малко ще видим, че нашето интуитивно, обичайно разбиране за времето се настъпва на непреодолима трудност при бипканията на бинарния пулсар. Тези бележити импулси ни пращат ясно послание: *Нютоновото универсално време е фикция*.

Самият пулсар е мъртъв остатък от вътрешността на бивша ярка звезда, която набързо е изгълтала ядреното си гориво и после, лишена от топлинния ресурс, необходим за поддържане на вътрешното налягане, неудържимо е

колапсирала. Ядрото продължително се свива дотогава, докато плътността му достига милиард тона в кубически сантиметър. Това е плътността на веществото в ядрото на атом и пулсарът всъщност е едно гигантско атомно ядро – неutronна топка, наречена „неutronна звезда“. Неutronните звезди са толкова плътни, че гравитацията им е гигантска. На повърхността човек би тежал милиарди пъти повече отколкото на Земята! Това обяснява защо неutronната звезда може да се върти с бясна скорост, без да се разпада; познати са неutronни звезди, които се завъртат хиляда пъти за секунда.

Бинарният пулсар е необикновен, защото се състои от две неutronни звезди, въртящи се една около друга. Масата на всяка от тях е около 1.4 слънчеви маси. Във вселената трябва да има още много такива бинарни системи, а също такива, в които неutronна звезда обикаля около черна дупка. Значението на PSR 1913 + 16 за нас е, че пулсарът – този идеален часовник – е в среда, където е подложен на две действия, които са от основно значение за нашето разбиране на времето: движението и гравитацията.

Сбогом на етера

Нютон не е предполагал, че движението би могло да влияе върху времето. В края на краишата, щом времето е универсално, то не може да зависи от това дали наблюдателят ще реши да се движи или не. В Нютоновата представа за света движението (например на часовниковите стрелки) може да се използва, за да показва всепроникващото и вече съществуващо време, но не да го създава или дори на йота да го изменя.

За да разберем как оттук възниква проблем, трябва да насочим вниманието си към идеята за *относителност* на движението, която за Нютон е точно толкова важна, колкото е неговото универсално време. Да си представим, че сте в кабина далеч в космоса. Вие сте безтегловни и нямаете никакво усещане за движение. Какво значи да се движите? Поглеждате през отвор в кабината и виждате как покрай вас прелетява капсула. Вие ли се движите, космическата капсула или и двете? Разговор по радиото с космонавта от капсулата няма да ви помогне: „И аз нямам усещане за движение“ – ви казва той. Заобиколен сте от пространство, но няма как да кажете дали се движите *през* пространството, защото в него няма никакъв ориентир, спрямо който да отнесете движението си. Има ясен смисъл да кажете, че се движите *относно* капсулата, но едва ли има смисъл да твърдите, че се движите *абсолютно през пространството*.

Нютон и преди него Галилей разбират, че движението с равномерна скорост и във фиксирана посока е относително. От друга страна *измененията на движението* имат абсолютни ефекти. Ако вашата кабина внезапно се устреми напред или се отклони встрани, вас ще ви тласнат твърде забележими сили.

Нютон включва „принципа на относителността“ в своите закони за движението и той остава на централно място във физическата теория до началото на 20 в. За Айнщайн той също е основен физически принцип, който трябва да се запази на всяка цена. Но тук възниква непредвидено препятствие: законите на електродинамиката, които описват поведението на електрически заредени частици и движението на електромагнитни вълни като светлина и радиовълни, като че ли не се съгласуват с принципа на относителността. А тези закони, открити към средата на 19 в. от Майкъл Фарадей и Джеймс Кларк Максуел, работят прекрасно и постлаха пътя към съвременната електронна ера. Как може нещо толкова *правилно* да се оказва грешно по такъв фундаментален начин?

Сблъсъкът е най-зрелищен при разпространението на светлината. Според принципа на относителността скоростта на светлината трябва да се изменя според движението на наблюдателя относно светлинен импулс: когато се движите срещу импулса, той би трябало да върви срещу вас по-бързо отколкото ако се опитвате да го надбягате. От друга страна електромагнитната теория дава за скоростта на светлината определена фиксирана стойност – около триста хиляди километра за секунда, – без да се допуска зависимост от движението на наблюдателя. Пълно объркване. Любопитно е, че Айнщайн е бил озадачен от този въпрос още като юноша, като си представя как би се движел заедно със светлинна вълна. Движейки се заедно с вълната, били могъл да наблюдава замразените вълни на електричното и магнитното полета? Но това е безсмыслица, защото такива *статични* полета не биха могли да съществуват в празно пространство, без да бъдат създадени от намиращите се наоколо магнитни и електрични заряди. (*Променливите електрични полета създават магнитни полета и обратно.*)

Най-разпространеното решение на този конфликт е свързано с етера. Предполагало се е, че тази хипотетична среда проника в целия космос и запълва пространството между материалните тела. Тогава физиците биха могли да приемат, че светлинните вълни се движат относно етера със споменатата постоянна скорост, точно както звуковите вълни се движат с определена скорост през въздуха. Този етер е бил нещо доста любопитно, защото той очевидно не е причинявал никакви механични ефекти, никакви сили на триене и забавяне върху движещите се през него тела. Земята например би могла спокойно да пътува през етера при въртенето си около Слънцето, без да усеща никакво съпротивление; иначе би се забавила и накрая би паднала върху Слънцето. Освен своята загадъчност етерът създавал проблеми с това, че нарушава принципа на относителността: даже при равномерно движение на телата би могло да им се припише абсолютно движение и да се измери с каква скорост те се движат през етера.

Колкото и непривлекателна да е идеята за етера, тя е била широко раз-

пространена. Даже в днешно време понякога се говори за радиосигналите като за „вълни в етера“. Но ако етерът не действа върху движението на физически тела, как да се покаже, че той съществува? Невидима субстанция, която не се проявява в никакъв експеримент, е абсолютно излишно понятие. Все пак като че ли е имало начин етерът да разкрие своето призрачно съществуване. Той не влияе върху движението на Земята, но има отношение към движението на светлината. Ако се излъчват светлинни сигнали по посока на движението на Земята и срещу нея, то измерената от Земята скорост на светлината ще бъде по-голяма за втория сигнал отколкото за първия поради движението на Земята през етера.

През 1880 американският физик Албърт Микълсън, подпомогнат от Едуард Морли, измерва скоростта на Земята с помощта на светлинни спонове. Резултатът от този експеримент е класически в историята на науката. Не е разкрито никакво движение на Земята спрямо етера, т.е. не се наблюдава *етерен вятър*. Ако има етер, това би означавало, че Земята не се движи спрямо него. Но тогава излиза, че Слънцето и звездите трябва да се въртят около Земята, както е в космологията до Коперник. Физиците, водени от Айнщайн, решават, че етерът просто не съществува.

Навреме дошло решение

Как без етер принципът на относителността да се съгласува с поведението на светлината и на останалите електромагнитни явления? Тук на сцената излиза Айнщайн. През 1905 той е убеден, че принципът на относителността трябва да се запази на всяка цена. От друга страна не желае да отхвърли красивата и толкова успешна теория на електродинамиката с нейната уникална стойност на светлинната скорост. Затова Айнщайн прави решителен скок и запазва *както* относителността на равномерното движение, *така и* постоянството на светлинната скорост като основополагащи принципи на една съвършено нова теория на относителността. На пръв поглед тези две изисквания изглеждат взаимно противоречиви. Ако движението е относително, тогава светлинният импулс трябва да мени скоростта си спрямо движението на наблюдателя; а поради това няма да има постоянна скорост. Единственият начин да се постигне съгласие е да се жертва нещо, което винаги се е приемало в науката, без да се поставя под въпрос, а това е универсалността на пространството и времето. Това е единственият начин двама наблюдатели, движещи се един спрямо друг, да виждат *един и същ* светлинен импулс, който се разпространява с *една и съща* скорост спрямо тях.

Как да разбираме това видимо абсурдно положение? Скоростта е разстоянието, изминато за единица време, така че светлинната скорост ще бъде една и съща във всички отправни системи, ако разстоянията и интервалите от време са различни за различните наблюдатели и зависят от тяхното със-

тояние на движение. В статията си от 1905 Айнщайн прави (математически достатъчно елементарен) извод на формули, свързващи дължини и интервали от време в две различни отправни системи.

Така че основният резултат на теорията на относителността е предсказанието, че времето и пространството не са, както е смятал Нютон, фиксирали веднъж завинаги по абсолютен и универсален начин за всички наблюдатели. По-скоро те са в някакъв смисъл *еластични*, защото могат да се разтягат и свиват в зависимост от движението на наблюдателя.

По този повод Айнщайн казва на своя приятел Мишел Бесо: „Моето решение засягаше самото понятие за време в смисъл, че времето не може да се дефинира абсолютно, а съществува неразрывна връзка между него и скоростта на разпространение на светлинните сигнали.“ (А. Пайс, *Изкусен е Всевишният*. С., 2004, с. 180 – б.pr.). Пет седмици по-късно основополагащата статия е написана и дадена за печат.

Прав ли е Айнщайн? Бинарният пулсар далеч не е първата възможност да бъде проверена Айнщайновата теория на относителността, но пък е една от най-добрите. Самият пулсар се движи с около триста километра в секунда спрямо своя партньор. Системата като цяло се движи много по-бавно по отношение на Земята, така че въпросната неутронна звезда веднъж се втурва към нас, а друг път се отдалечава от нас. Тъй като радиоимпулсите, които изпраща, пътуват със скоростта на светлината, тук имаме система, която съчетава съществени черти на експеримент за проверка на Айнщайновата теория на относителността: изменения на относителното движение, светлинни сигнали и часовници. Сигналите потвърждават, че даже след като са пътували хиляда и петстотин години, идвашите към нас импулси от звездата, когато тя се движи към нас, не изпреварват тези, които идват при отдалечаване на звездата от нас; това доказва, че скоростта на светлината не зависи от скоростта на източника. Предсказваните от Айнщайновата теория ефекти на изменения на пространствените и времевите интервали лесно се измерват чрез картина на бипекциията. Така Айнщайновите формули са проверени с много голяма точност. Времето действително е относително и зависи от движението.

Разтягане на времето

Колкото по-бързо се движи тялото, толкова по-бавно тече неговото време. В това лесно се убеждаваме с помощта на Гайгеров брояч за регистриране на мюони в космичните лъчи. Мюоните са неустойчиви частици: ако се движат бавно, те се разпадат за милионни части от секундата. За това кратко време мюоните от космичните лъчи не биха могли да достигнат до земната повърхност. И все пак Гайгеровият брояч отбелязва наличието на много мюони, дошли до нас от космоса.

Обяснението е в разтягането на времевите интервали със скоростта на

движението. Според теорията на относителността, когато мюонът се движи със скорост, близка до светлинната, неговото време, отчитано от нас на Земята, силно се разтяга (около хиляда пъти). Тогава, вместо да се разпадне за няколко микросекунди (земно време) космическият мюон може да живее значително по-дълго – достатъчно дълго, за да стигне до нашия Гайгеров брояч на Земята.

През 1978 подобрен вариант на този експеримент с мюони, движещи се още по-близо до скоростта на светлината (в лабораторията на СЕРН близо до Женева бяха получени мюони със скорост 99.7 % от светлинната скорост), показва, че тяхното време на живот се разтяга 29 пъти. Така Айнщайновата формула за разтягане на времето беше проверена с точност 2%.

Тези (и други) експерименти недвусмислено показват, че часовниците се влияят от движението. Но защо физиците са убедени, че *времето* се разтяга. Простият отговор е, че времето (поне за физиците) е онова, което се измерва с часовници. За да бъдем последователни и принципът на относителността да е валиден, ние трябва да приемем, че *всички* часовници се влияят от движението по един и същ начин (иначе ефектът би могъл да се припише не на самото време, а на часовниците).

Загадката на близнаците

Дотук добре, но ето че се натъкваме на една загадка. Ако движението на часовниците е относително, тогава и ефектът на разтягане на времето ще бъде относителен. Да предположим, че два часовника *A* и *B* са в ръцете на двама наблюдатели, движещи се един спрямо друг. В отправната система на *A* в движение ще бъде часовникът *B* и следователно той ще се забавя. Но в отправната система на *B* в движение ще е часовникът *A* и затова ще върви по-бавно. Това прилика на парадокс. Как един и същ часовник, напр. *A*, може едновременно да избързва и да изостава спрямо друг (в случая *B*).

Този проблем често се нарича „парадокс на близнаците“ по следната причина. Да си представим двете близначки Ана и Бети. Бети заминава на космически кораб със скорост близка до светлинната, а Ана остава на Земята. Гледано от Земята, времето на Бети се забавя, така че когато тя се завърне на Земята, Ана ще бъде по-стара от Бети. Но от гледна точка на космическия кораб движеща се ще бъде Земята, така че времето на Ана се забавя и при завръщането си би трявало Бети да установи, че не Ана, а тя е остатяла повече. Обаче не е възможно и двете неща да се случат: когато се съберат отново, Бети трябва или да е по-млада, или по-стара от Ана. Прилика на парадокс.

В действителност парадокс няма. Това установява още Айнщайн в статията си от 1905, където мимоходом обсъжда и проблема на близнаците. Решението се основава на факта, че двете възможности за Ана и Бети в действи-

телност не са напълно симетрични. За да направи своето пътешествие, Бети трябва на излитане от Земята да се ускори, да пропътува известно време и после да забави движението си до спиране на Земята. Ана остава неподвижна. Всички маневри на Бети, ускоряването и забавянето, нарушават симетрията между двета вида наблюдения. Принципът на относителността, нека не забравяме, е валиден за *равномерно* движение, а не за ускорения. Ускорение то не е относително – то е абсолютно. Поради това именно *Бети* оstarява по-малко.

Важно е да се разберат две неща. Първо, ефектът на близнаците е *реален* ефект, а не просто мисловен експеримент. Второ, той няма нищо общо с действието на движението върху процеса на стареене. Не трябва да си въобразяваме, че прекараните в космическия кораб години са по-милостиви към Бети, защото е в затворен обем или защото се движи в космоса.

Да предположим, че Бети потегля през 2000 и се връща през 2020. За това време Ана, разбира се, ще оstarее с 20 години. Ако Бети пътува с 240 000 километра за секунда, по формулата на Айнщайн пътешествието ѝ ще трае само 12 години в нейната отправна система и през земната 2020 година Бети ще е оstarяла с 12 години.

Експериментът на близнаците може най-добре да се обсъжда в термините на събития. Две са граничните събития: заминаването на Бети от Земята и завръщането ѝ на Земята. За Ана и Бети тези две събития стават едновременно, защото те са заедно. Поради това за Ана тези две събития се делят от двайсет години, докато за Бети между двете събития са протекли 12 години. Между две съвпадащи събития различни наблюватели изпитват различни интервали от време. Разликата във времената между две събития не може да е фиксирана и не може да е с „истинска“ трайност – тя е само *относителна*. Времето на Ана и времето на Бети са различни и нито едната, нито другата е права или греши – те просто са различни наблюватели.

Сбогом на настоящето

При все че в края на пътуването наблюденятията на Ана и Бети добре се съгласуват, ние можем пак да се объркаме, ако зададем въпроси като например: какво прави Бети, когато часовникът на Ана отбелязва 2007? Или: какво е показанието на часовника на Ана, когато Бети пристига на звездата?

Когато събитията стават в пространствено раздалечени места и наблювателите им са в различни състояния на движение, поставените въпроси нямат еднозначен смисъл. За да ги уточним, трябва точно да посочим за кой наблювател и за какъв вид наблюдение става дума. Когато часовниците дават различни показания, не съществува никакво универсално „сега“ или настоящ момент, с който различните наблюватели могат да се съгласят. Ана има своето определение за „сега“ през, да речем, 2007, а Бети има своето. Те,

изобщо казано, не се съгласуват. Например трудно бихме могли да очакваме смислен отговор на въпрос от рода: какво ли прави сега Бети?

Но няма не е достатъчно Ана да се обади на Бети и да я попита какво прави „сега“?

Не, не е. Същата тази теория на относителността, която предсказва ефекта на близните, забранява на всяко физическо тяло или физическо въздействие да пътува по-бързо от светлината, така че между Ана и Бети **няма** мигновена връзка. Поради това различните „настоящета“ за раздалечени места не могат да бъдат причина за беспокойство. Не можем да припишем никакво физически смислено значение на събития, които стават „сега“ на много раздалечени места от нас, защото никога няма узаем нещо за тях и никога няма да можем да им повлияем.

Колкото до Ана и Бети, когато се срещнат отново, те могат да сравнят записките си и да се уверят, че съответните записи от тях събития напълно се съгласуват.

Ако липсата на универсално и всеобхватно „сега“ ви поразява като наудничава идея, трябва да знаем, че идеята не е нова. През 1817 г. английският есеист Чарлс Лемб пише с дръзвовена проницателност: „Твоето ‘сега’ не е моето ‘сега’, а твоето ‘тогава’ не е моето ‘тогава’; но моето ‘сега’ може да бъде твоето ‘тогава’ и обратно“.

Времето е пари

Как да сме сигурни, че Айнщайн е прав относно ефекта на разтягане на времето? Според мен основната проверка за всяка странна теория е в това: могат ли да се печелят пари от нея? Една от причините винаги да съм скептичен относно т. нар. паранормални явления е, че ако някои хора, да речем, могат да предсказват бъдещето, тогава те биха превъзходили средния брокер на стоковата борса. Даже ако ефектът е много слаб, все пак за дълъг интервал от време печалбите ще надминават загубите. Някой би се възползвал от това и би станал много богат. Дарвин ни учи, че даже най-малкото предимство с течение на времето може да доведе до невероятен успех. Трудно е да се каже обаче, че между професионалните екстрасенси има изявени финансови специалисти (освен умението да измъкват пари от клиентите си). Но затова пък неотдавна научих за гадател, който редовно съветвал висши бизнесмени и политици, но успял да проиграе семейните имоти в местното казино.

За разлика от гадателството хората системно печелят пари от забавянето на времето. В редица страни се строят машини за такова деформиране на времето. Наричат ги „синхротрони“. Такава машина засилва електрони по кръгова тръба до скорости много близки до светлинната. Тъй като електроните се движат по закривена траектория, те излъчват интензивно електро-

магнитно лъчение, концентрирано в тесен сноп. (Между другото, именно с това „синхротронно излъчване“ се обясняват бипканията на пулсарите.) Отначало, когато се натъкнали на него, синхротронното лъчение изглеждало като вредно. По замисъл синхротроните са създадени, за да ускоряват субатомни частици, а не да произвеждат лъчение. Излъчването струва енергия, а следователно и пари. Една от причините ускорителите на елементарни частици да са толкова големи е да се намали кривината на траекториите на частиците, така че да се минимизират радиационните загуби. Но, както често става в науката, недостатъкът може да се превърне в предимство и в днешно време много страни строят синхротрони именно с цел да произвеждат лъчението. Синхротронното лъчение е много интензивно, обхваща широк интервал от честоти от видимата светлина нагоре и с него лесно се работи.

Голямото предимство е свързано с много високите честоти, които могат да се достигнат – до спектралната област на рентгеновите лъчи. Синхротронното лъчение се използва много ефикасно за определяне атомната структура на сложни материали, каквито са стъклата, или на големи биомолекули. Образите се получават толкова бързо, че понякога е възможно да се проследяват детайлите на химическите изменения с времето. Неотдавна беше установена структурата на вируса, причиняващ шап по добитъка. Синхротронното лъчение се използва за анализи в лекарственото производство, в термопластиката и керамиката, а синхротронната литография се използва за създаването на машини с размер по-малък от един милиметър. Компаниите са готовни да заплащат няколко хиляди долара на ден за използване на синхротрон, така че тези машини носят печалби от милиони долари годишно.

Синхротронните електрони обикновено летят със скорост 99,99999 процента от скоростта на светлината, а тайната на техния успех е в разтягането на времето, което при тях е няколко хиляди пъти. Това увеличава извънредно много честотата на излъчването в отправната система на лабораторията. За синхротрон с дължина на обиколката сто метра честотата на лъчението, наблюдавана в лабораторията, е близо трилион мегахерца.

Не е нужно да ходим в синхротрон, за да наблюдаваме ефекти на разтягане на времето. Около нас е пълно с обекти, движещи се с извънредно високи скорости. Такива са електроните, кръжащи в атомите. Във водородния атом електронът се върти с около 200 километра за секунда, т.е. по-малко от един процент от светлинната скорост. В тежките атоми обаче тази скорост е много по-голяма поради по-големия електричен товар на ядрото. Вътрешните електрони в атоми като тези на златото, оловото или урана се въртят около ядрото със значителни скорости. Като следствие от разтягането на времето и на други релативистки ефекти поведението на тези електрони се изменя значително. Това определя електричните и оптичните свойства на твърдите тела.

Да вземем за пример цвета на златото. Повечето метали имат сребрист

цвят, но това не се отнася за златото. Неговият характерен блясък може да се обясни с релативистичните ефекти за движещите се в метала електрони. Така че без преувеличение можем да наречем този метал скъпоценен благодарение на разтягането на времето вътре в атомите на златото. Разтягането на времето и свързаните с него ефекти на теорията на относителността буквально отвсякъде ни заобикалят.

Но ако разтягането на времето е реално и дори има пазарна стойност, тогава трябва да смятаме, че има повече от едно настояще. Не значи ли това, че може да има повече от една реалност?

Добър въпрос! Какво можем да разбираме под физическа реалност, след като има много на брой настоящата?

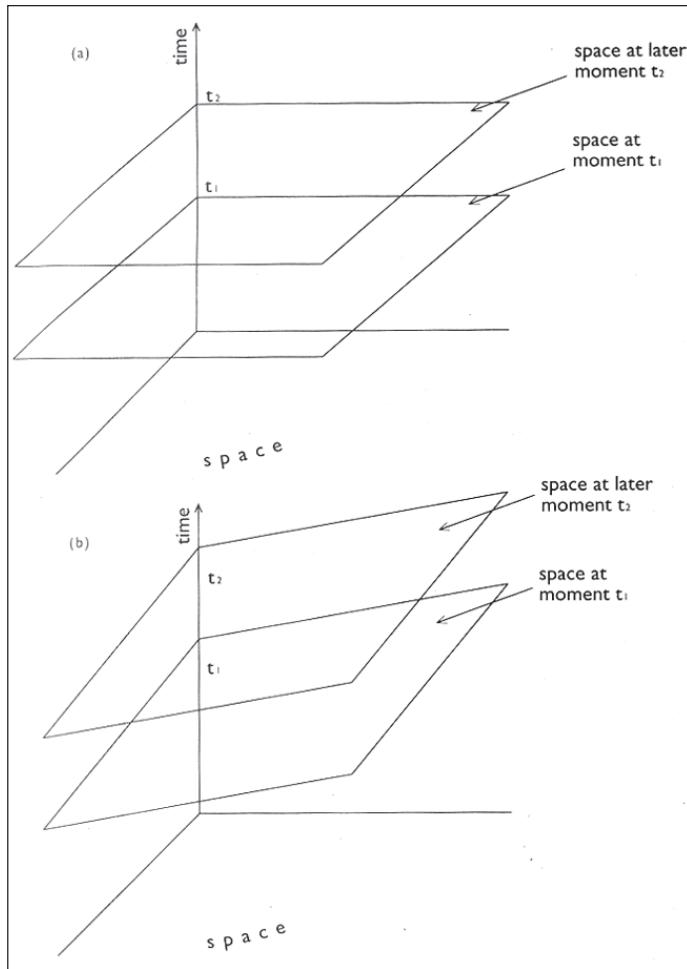
Времешафт*

„Разликата между минало, настояще и бъдеще е само илюзия, колкото и упорита да е тя“
Алберт Айнщайн

Идеята, че събитията са разположени „всички наведнъж“ във времето, мотивира Айнщайн да напише цитираната горе мисъл. Трябвало е обаче теорията на относителността да се наложи в научната общност, за да накара учените да гледат на времето не като на подредена и универсална последователност от събития, а като на пространство, което просто се показва пред нас във вид на пейзаж – времешафт. Това значи, че времето се представя по същия начин като пространството. Първият физик, който предлага това е Херман Минковски, един от преподавателите на Айнщайн в Техническия университет на Цюрих. През 1908 Минковски изнася лекция в Колон върху създадената от бившия му студент забележителна теория на относителността. Той започва с драматичната фраза: „Отсега нататък пространството само по себе си и времето само по себе си са обречени да угаснат като сенки и само своеобразното обединение на двете ще запази независима реалност“.

„Обединението“, споменато от Минковски, е негова идея. Ако времето може да се третира като пространство, поне за целите на математическото представяне, тогава то трябва да се разглежда като четвърто измерение, защото вече имаме три пространствени измерения. Това звучи доста странно, но човечеството е започнало да представя времето като пространствено измерение още откакто открива символното представяне. Още когато нашите предци от палеолита са означавали интервалите от време с белези върху кости, те вече са представляли времето като пространство. Даже терминът „четвърто измерение“ е използван за описание на времето години преди по-

* Игра на думи; в думата landscape (пейзаж, ландшафт) land (земя) е заменена с time (време) – бел. прев.



Фиг. 1. Пространство-времето според Айнщайновата теория на относителността. В диаграмите на Минковски времето се представя по вертикалата, а две пространствени измерения са нанесени хоризонтално. В (a) хоризонталните разрези показват пространството в два момента t_1 и t_2 , както се виждат от определен наблюдател. За този наблюдател всички точки от даден разрез са едновременни. В (b) същото пространство-време се разрязва по различен начин, съответстващ на перспективата на втори наблюдател, движещ се относно първия. За втория наблюдател именно точките от наклонените равнини са едновременни.

Така че няма един-единствен и общоприет начин за разрязване на пространство-времето на „пространство“ и „време“.

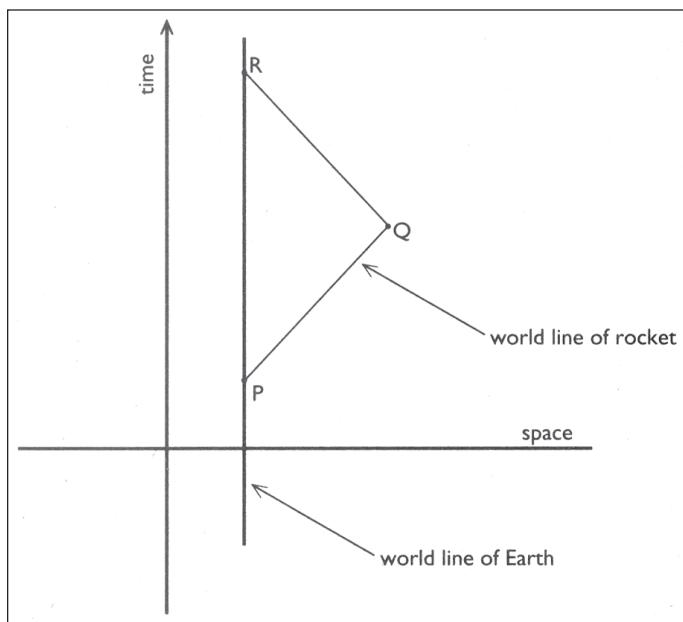
явата на теорията на относителността. През 1880 британският учен Чарлз Хинтън в есето си „Какво е четвъртото измерение?“ ни призовава да си представим нещо изумително цяло, съдържащо всичко, което някога се е случило, или някога ще се случи“. Според Хинтън настоящето на осъзнаното ни възприятие е просто субективно явление.

Новото в Айнщайновото време е фактът, че то е свързано с пространството физически, а не само метафорично. Теорията на относителността сплита пространството и времето по много точен начин: пространството се свива, докато времето се разтяга. Минковски подчертава, че прибавянето на времевото измерение към трите пространствени измерения дава в резултат един обединен „пространствено-времеви“ континуум, в който не могат да се отделят чисто пространствени и чисто времеви аспекти. Теорията на относителността не ни разрешава да отделяме времето от пространството, взимайки по абсолютен и уни-

версален начин пространствени, т.е. взети в един и същ момент, разрези в пространство-времето. За всеки наблюдател съществува собствено разрязване и то, изобщо казано, е различно.

На фиг. 1 е показана диаграма на Минковски, показваща заедно пространството и времето. Проблемът с подобни диаграми е, че не е възможно да се представят четири измерения върху лист хартия и затова поне едно от пространствените измерения трябва да се изпусне. Пространството се представя хоризонтално, а времето тече вертикално. Диаграмата показва как различните наблюдатели по различен начин разрязват пространство-времето на „пространство“ и „време“. Самият Айнщайн отначало не е особено очарован от идеята за обединено пространство-време и затова нарича четиримерната геометрия на Минковски „излишна педантичност“; но впоследствие все пак я приема. Същинското значение на обединеното *пространство-време* е в това, че то напълно смесва пространството и времето. Минковски много бързо разработва правилата на пространствено-времевата геометрия. За съжаление те не са непосредствено обобщение на тримерната училищна геометрия, разширена така, че да включи допълнително измерение. Затова, когато чертаем диаграми в пространство-времето, нашата обичайна интуиция за разстояния и ъгли може да ни подведе.

От друга страна, диаграмите на Минковски могат да се окажат много полезни. За пример да вземем движенията на близнаките Ана и Бети (Фиг. 2), като за удобст-



Фиг. 2. Диаграма на Минковски за ефекта на близнаките.

Бети излиза от Земята при събитие Р. Наклонената линия е „световната линия“ на нейната ракета, която достига до далечната звезда при събитието Q. Рязката смяна на наклона на световната линия в Q представя началото на завръщането на Бети. Срецата на Земята става при събитието R. Разстоянията по алтернативни пространство-времеви траектории PR и PQR очевидно са различни, с което показват различното времетраене между двете събития Р и R. Поради странните правила на геометрията на Минковски PQR е по-късият път.

во ще запазим само едно пространствено измерение. Забележете, че дадено събитие, например Бети излита от Земята, съответства на една точка в пространство-времето. Даден обект, човек или ракета, описва в пространство-времето траектория, наречена негова „световна линия“. Световната линия на Ана съвпада с тази на Земята и е просто права линия. Тази линия е вертикална, защото аз избирам диаграма, която представя събитията в отправната система на Земята. В тази отправна система Ана не се движи, така че с „течение“ на времето тя описва линия с фиксирани пространствени координати. За разлика от нея Бети лети с ракетата по световна линия, която върви надясно, после се обръща и върви отново към Земята. Събитията, представящи излитането на Бети от Земята, пристигането ѝ на звездата и връщането ѝ на Земята, са означени съответно P, Q и R.

Същественото тук е следното. Времетраенето между двете събития P и R не е фиксирано, а зависи от *дължината* на световната линия, която наблюдалят проследява между тях. От чертежа е очевидно, че разстоянието между P и R, измерено по световните линии, ще бъде различно: Ана има права световна линия, докато тази на Бети прави чупка през Q. Бихте могли да си помислите, че оттук Бети ще оцени времетраенето като по-дълго, но диаграмата, както предупредих, подвежда. Геометрията на Минковски тук се различава от „нормалната“ геометрия по това, че линиите, отклоняващи се от вертикалата, трябва да се умножат по специфичен скъсяващ множител. Тогава се оказва, че *най-дългото* време между две събития е времето, което показва часовник с *права* световна линия, свързваща събитията. Затова Бети „достига до“ събитието R за по-кратко време отколкото Ана. Забележете, че аз не казвам „Бети стига до R първа“, защото R не е място, а събитие. Събитието, включващо Ана и Бети (в нашия случай тяхната среща), не може да става в различни моменти, при все че Ана и Бети не са съгласни относно *времетраенето* между P и R.

Подобна пространственост на времето може да е от помощ за физически разглеждания, но това става на висока цена. Човешкият живот кръжи около делението на времето на минало, настояще и бъдеще и хората трудно ще се откажат от тези категории само защото физиците ги отхвърлят. Ако бъдещето по някакъв начин „вече съществува“, тогава ние не можем по никакъв начин да му повлияем. Изразът „стналото станало“ ще се отнася със същата сила за миналото и за бъдещето. Херман Вайл пише: „Светът не се случва, той просто е“. Случването, ставането, потокът на времето, поредицата от събития – всичко това според Вайл е фикция. Същото казва Айнщайн (виж мотото на този раздел), когато праща съболезнователно писмо до съпругата на Бесо по случай неговата смърт (няколко седмици преди смъртта на самия Айнщайн).

В своя професионален живот повечето физици приемат без колебание

идеята за пространство-времето, но в обичайния бит те постъпват като всички други, като действат и разсъждават, приемайки движението на настоящия момент. Как да вярваме, че бъдещето няма *да се случи*, а просто ще бъде (когато му дойде времето...)?

Даже Айнщайн е признавал в края на живота си, че проблемът на настоящето „сериозно го беспокои“. В разговор с философа Рудолф Карнап той се съгласява, че има „нещо специално в настоящето“, но изразява надеждата, че каквото и да е това нещо, то се намира „извън сферата на науката“.

(Paul Davies. *ABOUTTIME – Einstein's unfinished revolution.*
Touchstone, London et al., 1996)

Уводни бележки, подбор и превод: **М. Бушев**

*Абонирайте се за „Светът на физиката“ на адреса на редакцията –
в канцеларията на СФБ или в тази на Софийския клон на СФБ*

и във всички пощенски станции – кат. № 1686.

Годишен абонамент – десет (10) лева.

За ученици, аспиранти и пенсионери – пет (5) лева.

Физика за двугодишни

На Теодор

Щом поsegна със ръчица
към онази гола жица,
личо Ом ще ме нахока:
„Никой да не пипа тока!“

Чичо Нютон дърпа влака,
но когато намали,
той ще бутне на земята
всеки, който не седи.

Чичо Галилей нехае,
щото днеска всеки знае:
„Тя – Земята се върти,
ний се возим без пари.“

А за чичо Торичели
всички вече са прочели –
как измервал преди лягане
атмосферното налягане.

Може би сте вече чули
и закона на Бернули:
щом засили се водата
и олеква на тръбата.

А пък чичо Архимед
днеска много е зает –
да покаже във водата
колко леки са нещата.

Веселин Дончев