

НОБЕЛОВИ НАГРАДИ 2007

За физика. Нобелови лауреати за физика за 2007 г. станаха Алберт Ферт (Albert Fert) и Петер Грюнберг (Peter Grunberg), „за откриването на явление „гигантско магнетосъпротивление“.



Фиг. 1. Алберт Ферт и Петер Грюнберг

Алберт Ферт е роден през 1938 г. във Франция. Той работи в Университета Париж-Юг (Universite Paris-Sud, Unite Mixte de Physique, Orsay, France).

Петер Грюнберг е роден през 1939 г. в Германия Той работи в Изследователския център в Юлих, Германия (Forschungszentrum Julich, Germany).

За химия. Герхард Ертл (Gerhard Ertl) „за изследване на химическите процеси върху твърди повърхности“. Герхард Ертл е роден през 1936 г. в Щутгарт, Германия и работи в берлинския институт „Фриц Хабер“ (Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft).

За физиология и медицина По 1/3 от наградата си поделят Марио Капеки (Mario R. Capecchi), сър Мартин Еванс (Sir Martin J. Evans) и Оливър Смитис (Oliver Smithies) „за техните открития на принципите за въвеждане на специфични генни модификации в мишки с помоха на ембрионални стволови клетки“. Марио Капеки е роден през 1937 г в Италия и работи в Университета в Юта, САЩ. Сър Мартин Еванс е роден през 1941 г. във Великобритания и работи в Университета в Кардиф, Великобритания. Оливър Смитис е роден през 1925 г. във Великобритания и работи в Университета в Северна Каролина, САЩ.

За литература. На 87-годишната английска писателка Дорис Лесинг (Doris Lessing) „за епично изразяване на женския опит, който със скептицизъм, жар и визионерска сила подлага на анализ една разделена цивилизация“. Дорис

Лесинг е родена през 1919 г. в гр. Керманшах, Иран. Нейните произведения са посветени на взаимодействието между цивилизациите и културите. Една от нейните най-добри творби е „Златната тетрадка“ от 1962 г.

За мир. Nobelovata награда за мир за 2007 г. си поделят Алберт Гор (Albert Arnold (Al) Gore Jr.) и членовете на Междуправителствената група от експерти по промените в климата към ООН (IPCC) „за усилията им да събираят и разпространяват информация относно климатичните промени, причинени от човешката дейност, а също така за полагането на основите за мерки, с които да се противостои на такива промени“. Ал Гор е роден през 1948 г. във Вашингтон, САЩ. Той е 45-ия вице-президент на САЩ, в администрацията на президента Бил Клинтън. IPCC е организация, основана през 1988 г. от Световната организация по метеорология (WMO) и от Програмата на ООН по проблемите на околната среда (UNEP). В IPCC влизат 3000 видни учени от цял свят.

За икономика. На Леонид Хурвиц (Leonid Hurwicz), Ерик Маскин (Eric E. Maskin) и Роджер Майерсън (Roger B. Myerson) „за създаването на основите на теорията на оптималните пазарни механизми“. Леонид Хурвиц е роден през 1917 г. в Москва. Работи в Университета в Минесота, САЩ. Ерик Маскин е роден през 1950 г. Работи в Института за перспективни изследвания в Принстън, САЩ. Роджер Майерсън е роден през 1951 г. Работи в Чикагския университет, САЩ.

Магнетосъпротивление (Maghetoresistance – MR) е свойството на проводници и полупроводници да изменят стойността на своето електрическо съпротивление, в присъствието на външно магнитно поле. Този ефект е наблюдаван за първи път през 1856 г. от Уилиам Томсън (Лорд Келвин), който измерва поведението на електрическото съпротивление на желязо и никел в магнитно поле. Лорд Келвин наблюдава, че електрическото съпротивление на желязото нараства в направление перпендикулярно на полето. Ефектът обаче е малък, по-малък от 5%. Днес е известно, че MR ефектът се дължи на спин-орбиталното взаимодействие на електроните.

Дълго време MR ефектът се е използвал в четящите глави на твърдите магнитни дискове. Като материал е намерил приложение пермалоя – $Fe_{10}Ni_{80}$. Ефектът обаче остава относително слаб.

Изненадващо през 1988 г. А. Ферт и П. Грюнберг, независимо един от друг, откриват физичния ефект на т. нар. „гигантско магнетосъпротивление“ (Giant Magnetoresistance – GMR)¹. Това е квантово механичен ефект, който се наблюдава в тънкослойни структури от редуващи се феромагнитни и немагнитни метални слоеве, с дебелина от порядъка на 1 nm, т.е. от само няколко

¹ Виж Ч. Стоянов, Хр. Protoхристов. Светът на физиката, №2, 2007, стр. 167

атомни слоя. GMR ефектът се проявява като значително намаление на електрическото съпротивление на структурата в присъствието на външно магнитно поле – Фиг. 2.

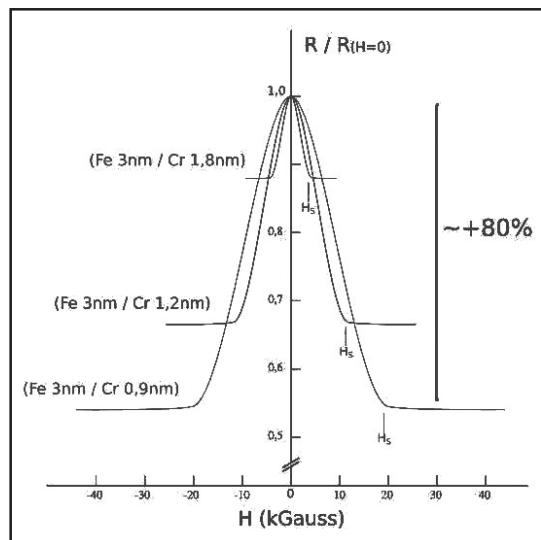
Ефектът на гигантското магнетосъпротивление позволява да се създадат структури, в които незначително изменение на магнитното поле предизвиква значително изменение на електрическото съпротивление на системата.

П. Грюнберг и неговите сътрудници от Изследователският център в Юлих работят с трислойни Fe/Cr/Fe структури. А. Ферт и неговата група в Университета Париж-Юг работят с многослойни $(\text{Fe}/\text{Cr})_n$ структури, състоящи се от повече от десет слоя. А. Ферт първи обяснява физическата природа на явлението.

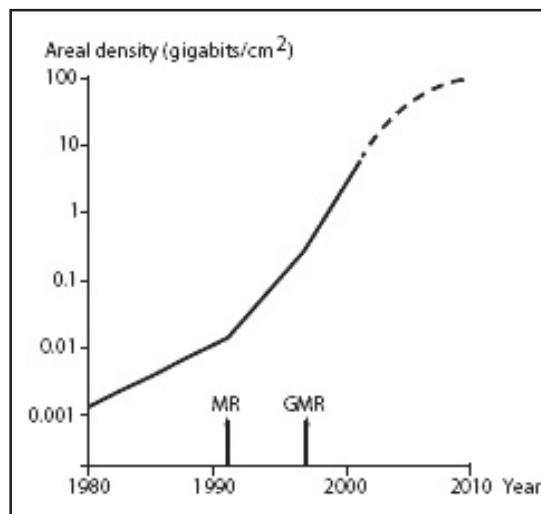
Това откритие и разработените на негова основа технологии са едни от първите реални постижения на многообещаващата област на нанотехнологиите. То се счита за началото на спинtronиката (spintronics).

Ефектът на гигантското магнетосъпротивление е свързан с обстоятелството, че проводимостта на контакта между два магнитни домена съществено зависи от ориентацията на тяхната намагнитеност. При паралелна ориентация на намагнитетността на домените проводимостта на контакта е значително по-голяма отколкото при антипаралелна ориентация на намагнитетността.

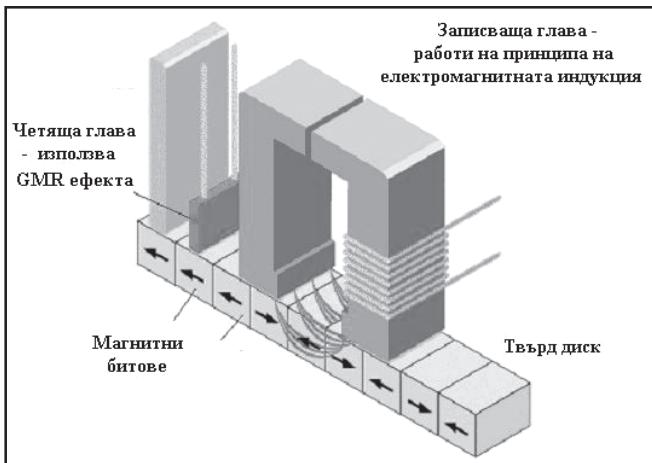
GMR ефектът е намерил практическо приложение при разработването на четящите глави на съвременните компютърни твърди дискове. Този ефект позволи през последните години значително да се увеличи капацитета на дисковете, като



Фиг. 2. Ефект на гигантското магнетосъпротивление



Фиг. 3. Нарастване на плътността на записаната информация върху компютърните твърди дискове с годините



Фиг. 4. Принцип на записването и четенето на информация от компютърните твърди дискове

противителните памети с произволен достъп (MRAM) – универсална постостоянна работна памет за миниатюрни компютърни системи.

едновременно значително да се намалят техните размери – Фиг.3. Първите дискове работещи на базата на ефекта на гигантското магнетосъпротивление са създадени през 1997 г. Сега тази технология е промишлен стандарт – Фиг. 4.

Ефектът на гигантското магнетосъпротивление е намерил приложение и при създаването на разнообразни магнитни сензори.

Друго важно приложение на GMR е в магнетосъпротивителните памети с произволен достъп (MRAM) – универсална постостоянна работна памет за миниатюрни компютърни системи.



Динко Динев

ФИЗИКАТА: МИНАЛО, НАСТОЯЩЕ И БЪДЕЩЕ

(анкета на списание Physics World)

Матин Дурани, Питър Роджерс

Какво се случва, когато зададете на някои от водещите физици в света седем въпроса за миналото, настоящето и бъдещето на физиката?

„О, не! Стига с тези обзори!“

„Каква прекрасна идея!“

„Тези отговори са направо налудничави, но значи такива са и вашият въпроси.“

Това бяха само част от коментарите, които получихме, когато решихме да проведем тази анкета сред водещи физици. Ние изпратихме по факс и e-mail списък от седем въпроса до 250 известни физика от цял свят. Някои от въпросите бяха директни: посочете имената на петте физика, които имат най-голям принос за физиката. Други бяха по-общи и отворени: Бихте ли изучавали физика ако започвахте университетското си образование тази година?

Отговорите бяха понякога предсказуеми, понякога изненадващи, често стимулиращи, понякога философски.

Питайки кои са най-великите физици ние бяхме преднамерено неопределени по отношение на времето – за последните сто години, за миналото хилядолетие или за всички времена. Ако се бяхме ограничили до 20-ти век, щяхме да пропуснем Нютон и Галилей, всички велики физици на 19-ти век и откриването на рентгеновите лъчи, на радиоактивността и на електрона през последното десетилетие на 19-ти век. Ако се бяхме ограничили с миналото хилядолетие, щяхме да пренебрегнем Архимед, Аристотел и други.

Накрая ние получихме около 130 отговора. Повечето бяха ентузиазирани, някои съдържаха възражения или съмнения, а няколко бяха хумористични. Някои физици бяха твърде заети за да отговорят, други не бяха съгласни с идеята да се направи класиране на физиците и откритията, а трети просто не бяха съгласни с нас като цяло. „Вашите въпроси са смешни“, отговори един именит физик, занимаващ се с физика на повърхностите

Подборът на анкетираните физици беше произволен, защото подбирахме хора, които от наша гледна точка, или имат задълбочено отношение към физиката и гледат отвъд ограниченията на техните собствени изследвания, или пък винаги имат да кажат нещо, което да провокира мисълта. В същото време се опитахме да постигнем баланс между теоретици и експериментатори, между мъже и жени, между различните дисциплини във физиката и между различните страни в света. Ние много се старахме да постигнем възможно

най-добрая баланс на гледни точки, но все пак неизбежно има области от физиката и страни, които не са достатъчно добре представени.

„Изобщо не съм убеден в правилния подбор на въпросите ви. Те вероятно ще доведат до неясни и непоследователни отговори.“, написа един неотдавнашен Нобелов лауреат, който отказа да отговори на въпросите ни. Стравуваме се, че не сме съгласни с него и се надяваме, че и вие, след като прочетете отговорите на анкетата, ще се съгласите с нас.

Въпрос 1. Кои са трите най-важни открития във физиката?

Думи като „важен“ и „откритие“ са може би опасни що се отнася до историците и социолозите на науката, но преобладаващата част от физиците в нашата анкета, нямаха никакво притеснение при отговарянето на този първи въпрос.

Отново и отново бяха посочвани три ключови открития: квантовата механика, специалната и общата теории на относителността на Айнщайн и Нютоновата механика и гравитация.

„Във всеки от тези три случая, въпросното откритие не само революционизира областта на физиката, към която се отнася, но също така поставя рамка, толкова дълбока и универсална, че всички следващи теории във физиката се формулират в нейните граници“, казва пионерът на квантовите компютри Дейвид Дойч(David Deutsch) от Университета в Оксфорд.

Микио Каку (Michio Kaku) от Университета в Ню Йорк, занимаващ се със струнната теория, е дори по-точен: „Цялото наше физично знание за Вселената се съдържа в две теории: теорията на относителността и квантовата теория. Това са най-върховите постижения за 2000 години на изследване на Вселената от времето на древните гърци досега.“

Законите на Нютон за движението и гравитацията бяха избрани, защото представляват първия сериозен опит да се създадат закони на физиката, които могат да се представят с помощта на математиката и да бъдат проверени експериментално. Те също така преобърнаха съществуващото дълго време убеждение, че небесните тела се подчиняват на закономерности, които са различни от тези, действащи на Земята.

„Нютон създаде модела, който всички ние трябва да следваме“, каза Бернанд Шутц (Bernard Schutz) от Института „Макс Планк“ за гравитационна физика в Потсдам, Германия.

От друга страна теорията на относителността на Айнщайн показва, че нашето интуитивно разбиране на физичните понятия, може да бъде преразгледано на всяко ниво.

„Чудото на науката се състои в нейната способност да проникне отвъд наслоенията на общоприетото, за да разкрие истинската същност на нашата Вселена, да достигне до закономерности, които понякога са твърде далеч от

ежедневния ни опит“, ентузиазирано сподели Брайън Грийн (Brian Greene), теоретик, работещ в областта на струнната теория от Университета в Колумбия. „Специалната и общата теории на относителността напълно преобърнаха предишните концепции за универсално и абсолютно пространство и време и ги заместиха с изненадваща нова теория, в която пространството и времето са относителни.“

Теориите на Айнщайн имат също така и практическо приложение: например спътниковите глобални позициониращи системи, които се използват широко за навигация, трябва да отчитат релативистичните ефекти.

Другият най-популярен избор, квантовата механика, беше провъзгласена за „физическото откритие, което най-радикално ревизира съществуващите представи“ от физика и англикански свещеник Джон Полкингхорн (John Polkinghorne). Или както астрофизикът Пайт Хът (Piet Hut) от Института за съвременни изследвания в Принстън обяснява: „Квантовата механика напълно преобърна класическите понятия за причинност, обективност и повторяемост на експериментите като въведе вместо това представата за една вътрешно присъща на природата спонтанност.“ Много от отговорите наблегнаха също така на това, че квантовата механика е не само елегантна и мощна теория, но също така е изключително полезна. Все пак точно квантовата теория доведе до развитието на полупроводниците, транзисторите, лазерите и, според някои, на цялата микроелектронна индустрия. Тя е и в основата на разработването на нови материали.

Обединяването на електричеството и магнетизма, което Максуел направи, беше друг често срещан избор, защото именно несъгласуваността между електромагнетизма и Нютоновата физика доведе до създаването на специалната теория на относителността. Електромагнетизмът доведе и до раждането на идеята за физичните полета. „Тази идея много силно повлия както на нашите представи, така и на практиката“, споделя Даан Френкел (Daan Frenkel) от Института FOM за атомна и молекулна физика в Амстердам.

Разбирането, че цялата материя е изградена от атоми, също бе споменавано много пъти. „Съгласен съм с Ричард Файнман (Richard Feynman)“, споделя Колин Хъмфриз (Colin Humphreys), ръководител на Катедрата по материали в Университета в Кеймбридж, „който казва, че ако трябва да съберем само в едно изречение най-важното научно знание, което сме постигнали, то това ще бъде: „Всички неща са направени от атоми.“.“

Много от отговорилите пък избраха отделни открития, които проправиха пътя на новите революционни развития във физиката. Дейвид Авшалом (David Awschalom) от Университета в Калифорния, Санта Барбара, например, избра откриването от Планк на квантовата природа на светлината. „Това беше първото признание за фундаменталната неадекватност на класическата физика.“

Междувременно, Лидия Икономиду-Фаярд (Lydia Iconomidou-Fayard) от

Лабораторията на линейния ускорител в Орсе, близо до Париж, избра откриването на радиоактивността: „Това беше началото на ядрените изследвания и на изследванията във физиката на високите енергии и то напълно промени представата на хората за материията.“

Други избраха разширяването на Вселената, което доведе до появата на модерната космология, постоянството на скоростта на светлината, което пък проправи пътя на теорията на относителността и откриването на електрона от Томпсън (Thomson) – „първата фундаментална частица, която за разлика от много други частици, открити след това, е изумително полезна“, според Хъмфриз.

Няколко пъти бе посочено откриването на атомното ядро от Ръдърфорд (E. Rutherford), а също така откриването на структурата на ДНК от Франсис Крик (Francis Crick), Джеймс Уотсън (James Watson) и Морис Уилкинс (Maurice Wilkens).

Сред откритията, направени напоследък, беше посочено откриването на масата на неутриното. Това откритие бе избрано от астрофизика Андрея Гез (Andrea Ghez) от Калифорнийския университет, Лос Анжелес.

Наистина, размишлявайки върху последните събития във физиката, човек разбира защо историците и социолозите на науката считат „откритие“ за толкова опасна дума. Тя предполага, че сложният процес на научното изследване може да бъде представен като последователност от отделни пробиви и внушава съществуването на абсолютна истина, която е някъде там и само чака да бъде изровена.

Теоретикът Пол Дейвис (Paul Davies) също не харесва много думата „откритие“, която както той отбелязва, се използва често от теоретици, за да означат „създаването на един модел“. „Казва се, че Стивън Хокинг (Stephen Hawking) е „открил“, че черните дупки не са черни, а излъчват топлинна радиация“, обяснява Дейвис, „Добре, но това не е вярно. Той открива математичен модел, който предсказва това. Така че какво са всъщност законите на Нютон за движението – откритие, изобретение или нещо друго? И ако едно явление е по-скоро предсказано, отколкото наблюдавано „като гръм от ясно небе“, може ли то да се нарече откритие?“

Думата „важен“ може също да се интерпретира по много различни начини. Откриването на кварките, например, беше важно за теоретичната физика, но едва ли може да се каже, че има каквото и да било значение за всекидневния живот.

Освен това до каква степен представата ни за „важност“ е повлияна от други фактори, като например, това което са ни преподавали на лекциите в университета?

Ето защо някои от отговорилите на анкетата предпочетоха да изберат открития – или може би по-добре да кажем „изобретения“ – които са имали най-

голямо въздействие върху обществото. Между цитираните бяха лазерът, транзисторът, телескопът, атомната бомба и сканирация тунелен микроскоп.

Но най-необичайният избор беше направен от Антонино Зикики (Antonino Zichichi), физик, работещ в CERN и занимаващ се с физика на частиците. Той предложи свой уникален начин за класиране, като избра три открития, за които „отношението важност на откритието към бързина, с която това откритие е станало общоприето“ е максимално. Това са откритието на Галилей, че силата е пропорционална на ускорението, а не на скоростта, откритието на Галвани, че допирането на електроди от мед и цинк до крака на жаба води до получаването на електрически ток и откриването на странните частици от Клифорд Бътлер (Clifford Butler) и Джордж Рочестър (George Rochester) в Манчестър през 1947 г.

Въпрос 2. Кои са петте физика, които имат най-голям принос към физиката?

„Някои учени са велики, защото са наистина универсални. Други са направили важно откритие случайно, но не са особено изключителни – просто им е провървяло. Други са изключителни, но никога не са направили голямо откритие, макар и да са много влиятелни зад кулисите.“ С тези предупредителни думи на Пол Дейвис представяме отговорите на този въпрос.

Общо 61 физика получиха поне един глас, но за никого няма да е изненада да види Алберт Айнщайн на върха на нашата класация със 119 гласа. Разработените от Айнщайн специална и обща теории на относителността промениха физиката завинаги, революционизирали начина, по който ние гледаме на времето и пространството. Дори едно от неговите по-малки постижения, като обяснението на фотоелектричния ефект, щеше да е достатъчно да утвърди неговата репутация на един от водещите учени за всички времена.

На второ място с 96 граса е Исаак Нютон (Isaac Newton) – човекът чиито закони на механиката и гравитацията формираха базата на класическата физика и който допринесе много към областите на оптиката, светлината и топлината. Нютон е получил по-малко гласове от Айнщайн, защото изглежда някои от отговарящите са предпочели да ограничат избора си до 20-ти век. Други пък са с чувството, че Галилей (6-ти в списъка) трябва да получи необходимото признание, защото е проправил пътя за откритията на Нютон.

На 3-то място е шотландският физик Джеймс Кларк Маккуел (James Clerk Maxwell), който в своите четири прочути уравнения представя натрупаните за две столетия експериментални открития в областта на електричеството и магнетизма и който успешно обединява тези две явления в едно – електромагнетизъм. Макар, че той погрешно вярва, че електромагнитната радиация има за свой носител невидимия „етер“, неговите уравнения останаха валидни дори когато теорията на Айнщайн опроверга идеята за съществуването на

етера. Максуел играе, също така, ключова роля в развитието на кинетичната теория на газовете.

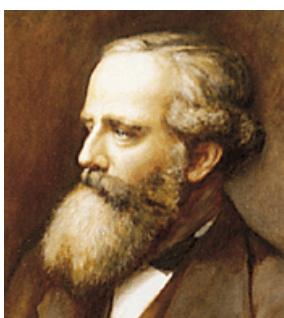
КЛАСАЦИЯ



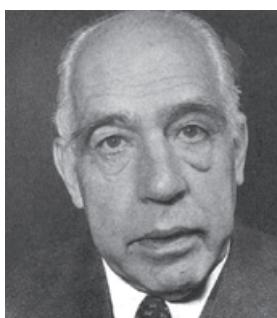
1. Алберт Айнщайн
(Albert Einstein),
1879-1955, 119 гласа



2. Исаак Нютон
(Isaac Newton),
1642-1727, 96 гласа



3. Джеймс Кларк Максуел
(James Clerk Maxwell)
1831-1879, 67 гласа



4. Нилс Бор
(Niels Bohr),
1885-1962, 47 гласа



5. Вернер Хайзенберг
(Werner Heisenberg),
1901-1976, 30 гласа



6. Галилео Галилей
(Galileo Galilei),
1564-1642, 27 гласа

11. Людвиг Болцман (Ludwig Boltzmann), 1844-1906
Майкъл Фарадей (Michael Faraday),
1791-1867
Макс Планк (Max Planck), 1858-1947
16 гласа

14. Енрико Ферми (Enrico Fermi),
1901-1954 – *13 гласа*

15. Мария Кюри (Marie Curie),
1867-1934 – *6 гласа*

16. Джон Бардин (John Bardeen),
1908-1991; Лев Ландау, 1908-1968
4 гласа

18. Джон Бел (John Bell), 1928-1990
Ханс Бете (Hans Bethe), 1906-
Джосия Улард Гибс (Josiah Gibbs),
1839-1903 – *3 гласа*

С два гласа:

Архимед (Archimedes)
Николай Коперник (Nicolas Copernicus)

Пиер Кюри (Pierre Curie)
Джералдт Хофт (Gerald't Hooft)

Едвин Хъбл (Edwin Hubble)
Йохан Кеплер (Johannes Kepler)

Волфганг Паули (Wolfgang Pauli)

Уилям Шокли (William Shockley)

Дж. Дж. Томсън (J. J. Thomson)

Чарлз Таунс (Charles Townes)

Стивън Уайнбърг (Steven Weinberg)

Хидеки Юкава (Hideki Yukawa)

С един глас:

Карл Андерсън (Carl Anderson)

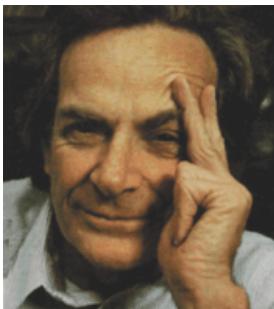
Аристотел (Aristotle)

Чарлз Бенет (Charles Bennett)

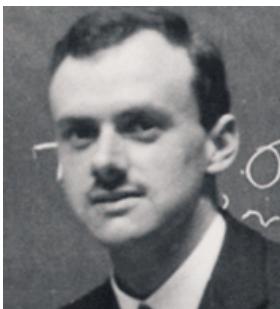
Герд Биниг (Gerd Binnig)

Феликс Блох (Felix Bloch)

Никола Карно (Nicolas Carnot)



7. Ричард Файнман
(Richard Feynman),
1918-1988, 23 гласа



8. Пол Дирак
(Paul Dirac),
1902-1984, 22 гласа



8. Ервин Шрьодингер
(Erwin Schrodinger),
1887-1961, 22 гласа



10. Ърнест Ръдърфорд
(Ernest Rutherford),
1871-1937, 20 гласа

Рудолф Клаузиус (Rudolf Clausius)
Демокрит (Democritos)
Кристиян Доплер (Christian Doppler)
Томас Едисън (Thomas Edison)
Евклид (Euclid)
Артър Едингтън (Arthur Eddington)
Леонард Ойлер (Leonard Euler)
Стивън Хокинг (Stephen Hawking)
Давид Хилберт (David Hilbert)
Пол Ланжвен (Paul Langevin)
Хендрик Лоренц (Hendrik Lorentz)
Алберт Майклсон (Albert Michelson)
Ларс Онсагер (Lars Onsager)
Сесилия Пейн-Гапошкин (Cecilia Payne-Gaposchkin)
lord Релей (Lord Rayleigh)
Мартин Рийс (Martin Rees)
Хайнрих Рохрер (Heinrich Rohrer)
Вилхелм Ронтген (Wilhelm Rontgen)
Артур Шавлов (Arthur Schawlow)
Алън Тюринг (Alan Turing)
Джон Уилър (John Wheeler)
Кент Уилсън (Kent Wilson)
Чен Нинг Янг (Chen Ning Yang)

Това Максуел прави заедно със своя съвременник Людвиг Болцман (Ludwig Boltzmann) (на 11-то място), който положи основите на статистическата физика, разкри смисъла на понятието „ентропия“ и направи твърде много за да покаже, че цялата материя е направена от атоми.

Първите 15 места включват пет физика, които са работили върху развитието на квантовата механика в началото на 20-ти век – Нилс Бор (Niels Bohr) (4-то място), Вернер Хайзенберг (Werner Heisenberg) (5-ти), Пол Дирак (Paul Dirac) и Ервин Шрьодингер (Erwin Schrodinger) (двамата разделят 8-то място), и Макс Планк (Max Planck) (11-то място). Все пак за много отговорили беше невъзможно да изберат само един от тази група. Спечелилият Нобелова награда Стивън Уайнберг (Steven Weinberg), занимаваш се с физика на частиците и който самият получи в нашата анкета два гласа, посочи Шрьодингер. „Той наистина струва колкото всички физици, допринесли за откриването на квантовата физика. Аз избирам Шрьодигер, защото неговият подход се оказа най-полезен.“

Макар че Дирак е този, който успешно разработва релативистичната кван-

това теория и предсказва антиматерията, Бор оглавява тази подгрупа – неговите 47 гласа го поставят 4-ти в нашата анкета. Бор разбира, че орбитите на електроните в един атом са квантови и макар че се придръжа дълги години към „полу-класическата“ гледна точка относно атома, той вдъхновява както Хайзенберг, така и Шрьодингер да създадат матричната и вълновата версии на квантовата теория. Бор също така допринесе за обвързването на физиката с философията, макар че неговата „Копенхагенска интерпретация“ на квантовата механика, дълги години възприемана от много физици като последна дума за същността на материята, става все по-недостатъчна.

Ръдърфорд (Ernest Rutherford) (10-ти в класацията) със своите известни експерименти върху разсейването на алфа частици от златно фолио доказва, че атомите имат ядра. Работите на Ръдърфорд широко разтвориха вратите за цялата ядрена физика. За развитието на ядрената физика, ядрената енергетика и ядреното оръжие допринесе и универсалният италиански физик Енрико Ферми (Enrico Fermi) (14-ти в класацията).

Мария Кюри (Marie Curie), която откри елементите радий и полоний, а също така направи и много други приноси към ядрената физика е 15-та в списъка с шест гласа. Единствената друга жена, получила глас е Сесилия Пейн-Гапошкин (Cecilia Payne-Gaposchkin), родена в Англия астрофизичка, която открива, че звездите са учудващо еднакви в своя строеж и че водородът е милиони пъти по-разпространен от който и да било друг елемент във Вселената.

Най-съвременния физик сред първите 15 в класацията е Ричард Файнман (Richard Feynman) (7-и по ред), който умира през 1988 г. и който допринася твърде много за разбирането на квантовата електродинамика – квантовата теория за електромагнитното взаимодействие.

Сред първите 15 намира място и Майкъл Фарадей (Michael Faraday) (11-то място заедно с Болцман), който през 1821 г. открива, че проводник по който тече ток, може да се завърти в магнитно поле. Неговото откритие павира пътя за развитието, както на теорията на електромагнетизма на Мак-куел, така и на електромотора, който е в основата на голяма част от съвременната индустрия.

Що се отнася до самия Айнщайн, според архивите, тримата физици, от които той се е възхищавал най-много са: Нютон, Фарадей и Маккуел.

Въпрос 3. Кой е най-големият нерешен проблем във вашата област на физиката?

Въпрос 4. Кой е най-големият нерешен проблем в останалите области на физиката?

Отговорите на третия въпрос в нашата анкета са очевидно повлияни от начина, по който сме го задали. Те въпреки това изумително си приличат с

отговорите на четвъртия въпрос, като в двете групи отговори доминират три обширни теми: физиката на частиците (включваща в себе си обединение на силите, квантова гравитация, теория на всичкото и т.н.), астрофизика (големият взрив, тъмната материя, космологичната константа), и многото загадки на квантовата механика. Както казва Антон Зайлингер (Anton Zeilinger) от Университета във Виена: „В квантовата физика най-големият неразрешен проблем е въпросът какво въсъщност описваме в нашата теория? Какво е наблюдение? Какво е информация?“

Даниел Грийнбергер (Daniel Greenberger) от City College, Ню Йорк отива още по-далеч, говорейки за квантовата теория. „Не мисля, че разбираме истинското значение на нелокалните корелации, които се движат по-бързо от светлината, но които не ни позволяват да комуникираме по-бързо от светлината“, казва той.

Има други ясно дефинирани проблеми, които се появяват периодично в двете групи отговори и които са разгледани по-подробно в други статии. Тези предизвикателства включват промените в климата, енергията на термоядрения синтез, структурата на ядрата и слънчевия магнетизъм. Много от отговорилите посочват също така проблеми на физиката на кондензираната материя, които с откриването на високотемпературната свръхпроводимост стават несъмнено все по-важни. Други проблеми включват турбулентността, топенето, преходът към стъкловидно състояние и структурата на течностите. „Повечето проблеми на физиката на кондензираната материя са нерешени, понякога защото са твърде сложни, а понякога защото никой не успява да предложи опростяващия модел.“, обяснява Дейвид Тоулис (David Thouless) от Вашингтонския университет в Сиатъл. „Предположенията за голям пробив в разбирането на формирането на стъклото или за формирането на протеините вероятно ще се окажат погрешни. Що се отнася до експериментите, то намирането на свръхпроводници, работещи при стайна температура би било изключително важно.“

Комплексността на изследванията беше често срещана тема, например приложението на идеи от физиката към все по-големи и по-сложни структури и най-накрая към мозъка и живите организми. „Проблем, за който не знаем нищо, е как да описваме сложни системи далеч от състояние на равновесие по един единен начин.“, казва Питър Уолинес (Peter Wolynes), биофизик в Университета в Илиноис. „Тези системи се простират от пясъчните дюни до биологичните клетки, но не е ясно дали са приложими и как да се приложат към тях принципите на статистическата механика.“ Предизвикателството, казва Джорджо Маргаритондо (Giorgio Margaritondo) от Ecole Polytechnique Federale в Лозана, Швейцария, е да се разработи обща теория на комплексните системи, в частност на живите системи, без да се облягаме на „редукционисткия“ подход, който се основава на илюзията, че сложните

системи могат да бъдат обяснени като се опираме на техните по-елементарни компоненти.

Едуард Телър (Edward Teller), наричан обикновено „баща на водородната бомба“, прави подобна забележка: „Изглежда, че физиката има обяснения, които са почти напълно задоволителни за всичко, освен за живота.“, казва той. „Трябва ли за обяснението на живота да имаме един съвсем нов подход?“

Колкото до атомната и молекулната физика и до оптиката Волфганг Кетърле (Wolfgang Ketterle) от Масачузетския технологичен институт, казва че макар в тези области да няма „свещен граал“, все пак могат да се открият множество важни цели. Те включват разработването на атомни лазери, понататъшното усъвършенстване на атомно-физичните измервания, изучаването на фундаменталните взаимодействия(като например нарушаването на обратимостта на времето), а също така напредък в описанието на по-сложни квантово-механични състояния. „Може би след успеха в изследването на единичните атоми, единичните фотони и единичните квантови състояния, атомната физика ще се обърне и ще се опита да овладее и по-сложни системи. Един аспект на това са квантовите компютри.“, казва Кетърле.

И макар че много от отговорилите наблегнаха на открытието, че Вселената може да бъде разбрана с помощта на законите на физиката, все още остават много въпроси относно природата на тези закони. „До каква степен са уникални законите на физиката?“, пита специалистът по физика на частиците Франк Вилчек (Frank Wilczek) от Института за съвременни изследвания в Принстън, преди да посочи три възможности. „Първата възможност е, че съществува единствено фундаментално уравнение с единствено стабилно решение. Втората възможност е, че съществува единствено фундаментално уравнение, което обаче има много решения и едно частно решение, което описва нашия свят и което е избрано от някаква историческа случайност. Може би различни, отдалечени части на Вселената, все още ненаблюдавани от нас, се подчиняват на различни закони. Трета възможност е, че може би съществува набор от възможни уравнения, всяко от които е еквивалентно за „практически“ цели и за които могат да се приложат първите две възможности.“

Брайън Грийн (Brian Greene) от Колумбийския университет продължава тази философска линия в струнната теория. „Струнната теория се нуждае от пълно формулиране на своята основна структура, тъй да се каже на своите основни уравнения, която да не разчита на приближени методи. Тази формулировка трябва да бъде толкова обща, че понятията за пространство и време трябва да се получават от уравненията, а не да са „вмъкнати“ в тях. Той добавя, че такава формулировка ще направи една гигантска стъпка в посока към разрешаване на „тъй наречения най-голям неразрешен проблем на струнна-

та теория“ – дали струнната теория може успешно да предвиди най-фундаменталните свойства на материята и силите в нашата Вселена. Може ли струнната теория да каже защо има електрони и други частици и защо те имат свойствата (маса, заряд и т.н.), които имат? Защо ние наблюдаваме четири сили и защо те имат свойствата, които имат?“ Грийн продължава посочвайки, че Вселената, такава каквато я познаваме, зависи от деликатната взаимовръзка между свойствата на частиците и силите. „Ако големините на силите или масите на частиците се различаваха със само няколко процента, звездите нямаше да се възпламенят и Вселената щеше да бъде едно съвсем, съвсем различно място. Може ли струнната теория да обясни свойствата на частиците и на силите? Т.е. може ли да обясни защо Вселената е такава каквато е?“

Вилчек завършва с предупреждение. „Не харесвам този въпрос, защото той поощрява една опасна тенденция.“, казва той. „Докато в науката трябва да помним „най-важните“ нерешени проблеми, в нашата реална дейност трябва да балансираме между грандиозността на проблемите и нашите способности да ги решаваме. Това е много важен момент, който често се замазва или напълно пренебрегва.“ Вилчек сочи като пример Галилей. „Той е бил заобиколен от велики професори по теология, Аристотелови философи и т.н., които се занимавали с всички „най-важни“ въпроси за природата на Вселената, смисъла на живота и т.н., излагайки ги в дълги трактати. Но Галилей е направил много по-траен принос като изследвал и точно изчислил как се движат топчета, търкалящи се надолу по наклонени плоскости.“

Въпрос 5. Бихте ли изучавали физика, ако започвахте университетското си образование тази година?

Болшинството физици са удовлетворени от това, което вършат. Около 70% от отговорилите посочват, че ще учат физика, ако започват университетското си образование тази година, докато 13% не са решили или не са сигурни. Само 17% казват, че няма да изберат физиката. В тях са включени някои, които разглеждат въпроса в смисъл, че им е даден шанс за втори живот. В този случай един живот, посветен на физиката е вече достатъчен. Или както казва един японски физик: „ Работих твърде усилно. Следващия път искам да се наслаждавам на живота.“

Все пак голата статистика не може да разкрие всичко и отговорите на този въпрос включват в себе си много от това, което е хубаво и лошо във физиката. Директорът на Националната лаборатория Riso в Дания, Йорген Кхемс (Jorgen Kjems), обобщава мнението на мнозина: „Не знам друга дисциплина, която да предлага в равни пропорции математическа строгост, творческо въображение и плодотворно взаимодействие между експеримент и теория.“ Други наричат физиката „най-грандиозната наука“, „най-пленителна-

та активност за нашите мозъци“, „все още най-фундаменталната от всички науки“, и „най-добрата подготовка за навлизането в други области“.

Отговорите на тези, които не биха учили физика отново, разкриват по-тъмната страна на разискваната тема. Мартин Риис (Martin Rees), английски кралски астроном, казва че „едва ли би бил вдъхновен от днешната типична студентска учебна програма по физика“, докато други се оплакват от нико заплащане, незадоволителни възможности за кариера и липса на добри учители по физика.

Засилването на вниманието към важността на фундаменталните научни изследвания, също така се споменава в някои от отговорите. „Ограниченията, които държавното финансиране налага на физиците днес, прави тази област твърде непривлекателна“, въздиша астрофизикът Еужен Паркър (Eugene Parker) от Университета в Чикаго. „Идеята да се оценява важността на проектите във фундаменталните изследвания преди те да бъдат проведени, заплашва да задуши самата наука.“ Въпреки това Паркър пак би избрал физиката, ако отново му се предостави възможност.

Много от отговорилите се оплакват, че сега физиката е твърде обширна. „Изследванията станаха твърде обемисти и сложни и времето за навлизане в проблемите твърде дълго, за да успеят младите учени да постигнат впечатляващи резултати“, предупреждава Джон Идес (John Eades) от CERN.

Други казват, че е твърде трудно да се получат радикално нови резултати при съществуващата липса на революционни идеи. „Имам усещането, че физиката приближава критичната точка, макар че се появяват непрекъснато нови резултати, в повечето случаи те са по-скъпо струващи и по-малко фундаментални“, казва лазерният физик Стиг Стенхолм (Stig Stenholm) от Кралския технологичен институт в Стокхолм.

Дори Джералд'т Хофт (Gerard't Hooft) от Университета в Уtrecht, който през 1999 г. раздели Нобеловата награда за теоретичния си принос към Стандартния модел, има своите съмнения относно това дали да запише физика отново. „Бих се занимавал с физика, но не съм сигурен дали това ще бъде правилното решение“, казва той, „Физиката навлиза във фаза, когато става все по-трудно за младите хора да получат интересни и важни резултати.“

Много от отговорилите с „не“ или с „може би“ са изкушени от биологичните науки, като Майкъл Грийн (Michael Green), специалист по физика на частиците в Университета в Кеймбридж, който посочва: „Има нещо привлекателно в област, която се намира в относително примитивно състояние.“

Тази гледна точка се споделя и от физици, работещи в индустрията. „Физиката вече не е най-вълнуващата област за изследвания, в която ще се направят нови, големи открития.“, казва Чарлз Дюк (Charles Duke), вицепрезидент на „Ксерокс“, занимаващ се с научните изследванията. „Съществуват много по-привлекателни възможности в молекулярната биология и

изследванията на информационните системи.“ Дюк не би изbral физиката отново.

Други виждат компютрите като по-добра възможност. „Като цяло физиката е досадна.“, оплаква се Артур Екерт (Artur Ekert) от Университета в Оксфорд. „Обработката на информацията както с компютри, така и от биологични системи днес звучи мното по-привлекателно.“

Едуард Телър, също би се занимавал с компютри, защото „приложение то на новите възможности на компютрите в науката може да доведе до забележителни резултати.“

Проблемът на повечето физици е, че те са влюбени в своя предмет. Найдобре изразява това Микио Каку: „Дори перспективите на нашата професия да не са много добри ние физиците бихме предпочели да гладуваме, отколкото да сменим областта, в която работим.“

Въпрос 6. Ако започвате вашата изследователска кариера отново, кои области на физиката бихте избрали?

„За студентите е важно да имат предвид две неща, когато избират областта си за изследвания: да им е интересно и да притежават необходимия талант и умения.“ Това е съветът на Джон Бахкол (John Bahcall), астрофизик в Института за съвременни изследвания в Принстън. Тези, които се включиха в нашето изследване, изглежда са следвали този съвет, защото повечето изглеждаха доволни от своята кариера. Наистина броят на отговорилите, които биха избрали същата област на физиката отново, превишава броят на тези, които биха опитали нещо друго, в съотношение повече от две към едно.

Трудно е да бъдем категорични, но изглежда, че астрономите и астрофизиците са най-запалени да останат в същата област. „Изучаването на Вселената ще стане най-важна тема във физиката през 21 век.“, предвижда Никос Пранцос (Nicos Prantzos) от Института по астрофизика в Париж. „Астрофизиката днес е мястото, където нещо важно се случва.“, добавя Линкълн Волфенщайн (Lincoln Wolfenstein) от Университета Carnegie Mellon в САЩ. „Има нови открития и нови проблеми всяка година.“

Дори Мартин Рийс, който каза, че не е очарован от студентската учебна програма по физика все пак избира да остане в същата област: „В астрофизиката и космологията новите открития се появяват с една впечатляваща скорост.“

Астрофизиката и космологията се оказват притегателна сила и за много физици извън тази област. Много от отговорилите, обаче, предпочитат да се прехвърлят към биологичните науки, защото чувстват, че там могат по-бързо и по-лесно да направят сериозни приноси отколкото във физиката. „Основните дисциплини във физиката са претоварени с твърде много изследователи, работещи в тях, които преследват твърде малко идеи.“, обяснява Дей-

вид Тоулис. „Аз бих избрал физиката, приложена към някоя биологична област.“

Андре Гейм (Andre Geim) от Университета в Нижмеген, Холандия, избира биофизиката или генетиката, където, както казва той: „един физик може да направи наистина много в една област, в която работят предимно занаятчи.“

Ян Айтчисон (Ian Aitchison), теоретик в Университета в Оксфорд, също би избрал биологията: „Напредъкът там е по-бърз и непрекъснато навлизат нови методи и шансът да се направи сериозен принос е по-голям.“ Други виждат във взаимодействието между физиката, биологията и компютрите, една многообещаваща област за 21 век.

Но много физици отговориха твърде красноречиво възхвалявайки своите области. „Когато гледам подреждането на атомите в материалите, не мога да си представя нищо друго, което да е толкова вдъхновяващо, нито пък има област на изследвания, която по-лесно може да оправдае своето съществуване чрез приложенията си в икономиката.“, казва ентузиазирано Стив Пенкук (Steve Pennycook), специалист по електронна микроскопия в Националната лаборатория Оук Ридж.

„Със сигурност ще се занимавам отново със статистическа физика.“, казва Константино Цалис (Constantino Tsallis), от Бразилския център за изследвания във физиката. „Огромната ? сложност и богатство я правят изумително прелестна.“

Джон Хоугтон (John Houghton), който е съпредседател на междуправителствената група от експерти за научна оценка на промените в климата, възхвалява достойнствата на физиката на околната среда. „Областта е“, казва той, „изпълнена с изключително интересни както теоретични, така и експериментални предизвиктелства. Тя включва също така и компютърните науки и е тясно свързана с човешкото общество и неговото бъдеще.“

Крис Куиг (Chris Quigg), ръководител на теоретичния отдел във Fermilab, оцени високо физиката на високите енергии. „Аз наистина мисля, че най-добрите дни за физиката на частиците тепърва предстоят и няма да се поколебая да насърча студентите, дори самия себе си, ако бях на тези години, да участват в тях.“

Други имаха по-необичайни причини за избирането на определена област. Дейвид Мермин (David Mermin) от Университета в Корнел, например, е избрал теорията на квантовата информация защото „там работят някои много интересни хора и защото човек винаги може да се прехвърли към конвенционалните компютърни науки, ако стане ясно, че не може да се направи функциониращ квантов компютър.“

Но най-искрената преценка идва от Джон Зиман (John Ziman), професор в Бристолския университет. „Бих изbral която и да е област на физиката, защо-

то всички области на физиката са еднакво трудоемки и досадни и същевременно са еднакво очаровашки и въодушевляващи.“ Кой може да оспори това?

Въпрос 7. Стивън Хокинг е казал, че съществува 50 на 50 вероятност да се открие единна теория през следващите 20 години. Съгласни ли сте, че се вижда краят на теоретичната физика?

Нашият последен въпрос беше малко по-различен от предходните шест въпроса, но категоричния отговор беше не! Макар че въпросът ни беше преднамерено провокативен, – както отговори приятелят на Хокинг, Кип Торн (Kip Thorne): „Не мога да не отбележа, че вашият последен въпрос е възмутително формулиран.“ – няколко отговорили отбелязаха, че Хокинг е правил това изявление на различни етапи от своята кариера, включително в своята встъпителна лекция като професор по математика в Кеймбридж през 1980 г. и в някои публични лекции през 90-те години на миналия век. За съжаление самият Хокинг отказа да вземе участие в нашата анкета.

Най-често критиката биваше насочена срещу поставянето на знак на равенство между откриването на теория, която обединява четирите фундаментални сили на природата, тъй наречената теория на всичкото, с края на теоретичната физика. Някои теоретици от областта на физиката на частиците се съгласиха с предсказанието на Хокинг относно вероятността да се открие теория на всичкото, въпреки че някои изчислиха, че това трябва да се случи след 50 до 100 години. Стивън Вайнберг, например казва: „В следващите 20 години е възможно, но малко вероятно. Предполагам, че ще са необходими 100 години за „напълно единна теория“. Но „напълно единна теория“ не означава край на теоретичната физика.“

Том Кибле (Tom Kibble) от Imperial College, Лондон и Микио Кацу направиха подобни изказвания: „Съгласен съм, че съществува вероятност 50 на 50, през следващите 20 години да бъде открита завършена единна теория, описваща всички фундаментални сили и частици“, казва Кибле, „но съм абсолютно несъгласен с идеята, че това ще бъде края на теоретичната физика. Това е редукционистки мит. Знаеши основните закони, както определено ги знаем при физиката на кондензираната материя, например, със сигурност не означава край на изненадващите открития и на вълнуващите нови теоретични разработки. Абсолютно съм убеден, че за физиците-теоретици все още ще има много интересни неща за изучаване.“

Каку е съгласен, че 20 години са достатъчни „за да се докаже дали суперструнната теория е теория на всичкото или теория на нищото, среден път



Стивън Хокинг
(Stephen Hawking)

няма. Но даже тогава, това че знаем правилата за игра на шах не означава че сме станали гросмайстори. Подобно, дори да знаем правилата на единната полева теория, не означава че сме станали големи познавачи на тази теория. Сигурно ще са необходими векове преди да се изчерпят всички приложения и да се разберат всички взаимовръзки в една теория на всичкото.“

Джералд'т Хофт не е твърде оптимистично настроен дори за едно по-ограничено тълкуване на изказването на Хокинг: „Абсолютно не! Хокинг твърди това вече повече от 20 години. Физиците като него повтарят подобни неща отново и отново, винаги отлагайки крайното решение за следващите 20 години. Макар че аз наистина вярвам във възможността да се достигне до окончателна теория, от нея ни делят много поколения.“

„Физиката не е като да се изкачиш на Еверест“, казва Лучано Майани (Luchiano Maiani), генерален директор на CERN. „По-скоро би могла да се оприличи на опитите да се достигне температурата на абсолютната нула. Щом се приближим, изникват явления от други мащаби, които изискват нови усилия и ново разбиране. Настоящите експерименти във физиката на частиците изучават скалата на Ферми – при енергии около 200 пъти по-големи от масата на протона и ние не знаем дали ново явление, като да предположим суперсиметрията, може да се прояви при енергия, която е 10 пъти повисока. От друга страна квантовата гравитация, не може да се изследва, докато не достигнем скалата на Планк, която е 10^{19} пъти масата на протона. Предвиддането на Хокинг се основава на идеята, че междувременно не се случва нищо друго и че всичко „ще се оправи“, ако ние успеем да обединим гравитацията и квантовата теория. Мисля, че този сценарий е неубедителен.“

Еужен Паркър, също не е убеден. „Идеята, че физиката ще стигне до своя край, когато последното полево уравнение бъде написано на хартия е наивна и крайна.“, казва той. „През 1865 г., например, Максуел завърши уравненията на електромагнитното поле, добавяйки тока на отместване към закона на Ампер. Това беше началото на електромагнетизма, а не неговия край. Когато Шрьодингер написа квантово-механичното вълново уравнение, това беше началото на квантовата механика, не края. Когато Айнщайн написа уравненията на общата теория на относителността, това беше началото на съвременната гравитационна теория и космология, не края. Схващате ли разликата?“

Много отговорили посочиха, че откриването на теория на всичкото ще има малко въздействие върху останалата физика. „Една единна теория ще бъде голям пробив“, казва астрономът Алекс Филипенко (Alex Filipenko) от Калифорнийския университет в Бъркли, „но тя не би могла, например, да реши много от важните проблеми на физиката на кондензираната материя, биофизиката, астрофизиката и т.н. Тя едва ли би ни дала по-ясна картина за произхода на живота или разума. Все още ще остане много работа за вършене.“

Фил Андерсън (Phil Anderson) от Университета в Принстън е по-пряк:

„Въпросът е обида към мен и към всички тези, които наричат себе си физици-теоретици. Една единна теория едва ли ще ни каже нещо много, макар че ще улесни разрешаването на някои въпроси относно космологията. Теоретичната физика има достатъчно много комплексни проблеми, които ще ни намират работа още доста време. Например проблемът как е произлязal животът е поне частично проблем на физиката.“

Жан Зин-Жустин (Jean Zinn-Justin), теоретик от лабораторията Сакле продължава в тази посока: „Много големи открития са станали в области, където основните взаимодействия са вече известни. Предизвикателството е да се разбере какво следва от взаимодействията между многото елементарни съставни части. Никой не твърди, че разбирането на мозъка се свежда до разбиране на връзките между невроните и на химията, включена в активността на мозъка. Възможно е да се измислят безброй нови системи само с ядра, електрони и протони, така че сигурно ще има интересна теоретична физика, докато има човешки същества.“

„Редукционизът се срина по грандиозен начин“, казва Итамар Прокачия (Itamar Procaccia) от Научния институт Weizmann в Израел. „За да се разберат макроскопичните явления, които са около нас, ние не можем да започнем от струните. Всяко ниво на описание има своя собствена логика, математика и феноменология. Остава още много работа дори ако единствната теория бъде постигната. Новите данни и наблюдения ще играят също решавща роля. Човек просто не може да предвиди къде ще се появят големи открития.“, казва Питър МакКлинток (Peter McClintock), специалист по физика на ниските температури в Ланкастърския университет, Великобритания.. „ Но те навярно ще се появят там, където експериментите престанат да съответстват на приетите теории.“

Астрофизичката Вера Рубин (Vera Rubin) от Института Карнеги във Вашингтон, прави подобно изявление: „Дори да вярваме, че през следващите 20 години ще научим всичко за физиката, сигурно е, че направените след това открития и астрономически наблюдения ще покажат, че бъркаме. Но това е красотата на науката. Трудно е да повярваме, че след 500 г. някои от нашите концепции ще бъдат поставени вместо в категория „блестящи“, в категория „примитивни“.

Съвсем малко отговорили прибягнаха до хумора. „НЕ!“, казва Дейвид Мермин (David Mermin) от Корнел. „Моето предположение е, че все нови и нови структури ще се намират на все по-малки дължини на мащаба, докато най-накрая на самите физици, занимаващи се с частиците, не им писне.“

Превод: **Динко Динев**
Matin Durrani. Physics: past, present, future.
Physics World, December, 1999

КВАНТОВ ТУНЕЛЕН ЕФЕКТ И ДВИЖЕНИЕ СЪС СВРЪХСВЕТЛИННА СКОРОСТ

Динко Динев

1. Квантов тунелен ефект

Нека да разгледаме следната едномерна задача. Частица, например електрон, се движи по направление на оста x . Частицата притежава енергия $E = \hbar\omega$ и импулс $\vec{p} = \hbar\vec{k}$, където \vec{k} е вълновият вектор. На частицата не действат сили, така че енергията и е изцяло кинетична. На пътя на частицата обаче се изпречва препятствие – в областта $0 \leq x \leq L$ върху нея действа външна сила и следователно тя притежава и потенциална енергия $V(x)$. Нека потенциалът $V(x)$ при $0 \leq x \leq L$ не зависи от x и е равен на V_0 . От закона за запазване на енергията следва, че в областта $0 \leq x \leq L$ кинетичната енергия на частицата се намалява и вече е $E' = E - V_0$. Областта, в която потенциалът е различен от нула се явява препятствие за свободното движение на частицата и се нарича потенциална бариера. При $V(x) = V_0$ потенциалната бариера е правоъгълна. Ако $E < V_0$ то кинетичната енергия на частицата става отрицателна, а доколкото тя е квадратична функция на скоростта, то проникването на частицата в областта на потенциалната бариера става невъзможно. При $E < V_0$ бариерата е непрозрачна за падашите върху нея частици и удряйки се в нея те се отразяват обратно. Това е картина, която рисува класическата (неквантовата) физика.

В квантовата физика обаче тази картина търпи драматична промяна. Съгласно квантовата механика действително при непрозрачна потенциална бариера огромната част от частиците ще се отразят обратно от нея. Но възможно противоречие с класическите представи съществува, макар и малка, вероятност частицата да се окаже зад бариерата при $x > L$. Една квантова частица може да премине през класически забранената област на пространството $0 \leq x \leq L$!

Тази възможност за първи път е забелязана от Ф. Хунд (F. Hund) през 1927 г., скоро след откриването на уравнението на Шрьодингер [1]. Явлението е наречено квантов тунелен ефект и е добре известно на всеки физик от курса по квантова механика.

По-късно търсенията се продължават от Л. Нордхайм (L. Nordheim), който анализира случая на правоъгълна потенциална яма [2]. През следващата 1928 г. Г. Гамов и независимо от него Р. Гърни (R. W. Gurney) и Е. Кондон (E. U. Kondon) прилагат квантовия тунелен ефект за обяснение на алфа разпада на радиоактивните ядра. През същата 1928 г. Р. Фаулер (R. H. Fowler) и Л. Нор-

дхайм прилагат това явление за обяснение на полевата (автоелектронната) емисия на електрони.

Тунелният ефект се използва в редица електронни и оптични прибори – ценеров диод (1934 г.), тунелен диод (1957 г.), сканиращ тунелен микроскоп (1982 г.).

Процесът на квантово тунелиране играе важна роля в природата. Този ефект се проявява при осъществяването на реакцията на сливане на леките ядра, реакция която се явява източник на енергията на звездите.

Съвсем накратко ще припомним как квантовата механика обяснява тунелния ефект. Нека $\psi(x,t)$ е вълновата функция на частицата – Фиг. 1. В стационарен случай, показан на Фиг. 1 $\psi(x,t) = \psi(x)\exp(-iEt/\hbar)$, като пространствената част на вълновата функция е решение на стационарното уравнение на Шрьодингер. От това уравнение следва, че в областта пред потенциалната бариера вълновата функция на частицата се състои от две части – падаща и отразена вълни:

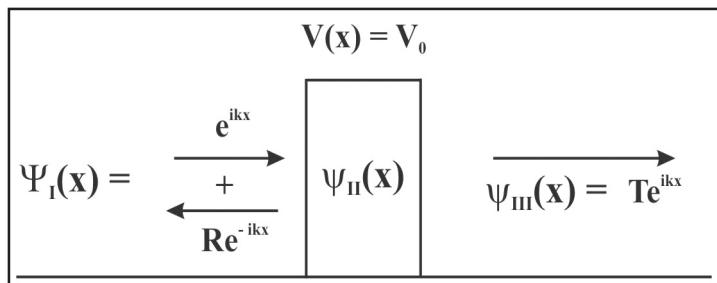
$$\psi_I(x) = e^{ikx} + R e^{-ikx} \quad (1)$$

където $k = (1/\hbar)\sqrt{2mE}$ е вълновото число, а $R = |R| \exp(i\phi_r)$ е коефициентът на отражение от бариерата.

В областта зад бариерата вълновата функция е една бягаща вълна:

$$\psi_{III}(x) = T e^{ikx} \quad (2)$$

където $T |T| \exp(i\phi_t)$ е коефициента на преминаване през бариерата.



Фиг. 1. Квантов тунелен ефект

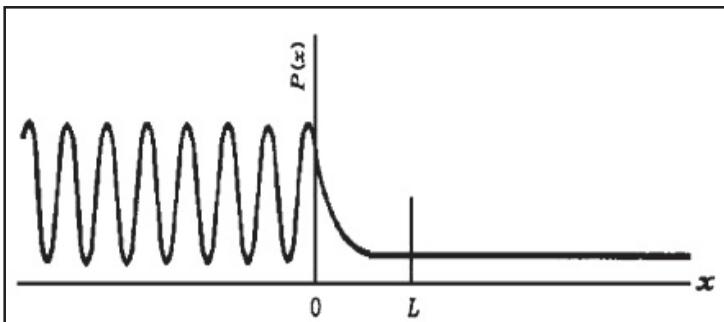
В областта на самата бариера вълновата функция затихва експоненциално:

$$\psi_{II}(x) = C e^{-\kappa x} + D e^{\kappa x} \quad (3)$$

където $\kappa = (1/\hbar)\sqrt{2m(V_0 - E)}$ и $|C| \gg |D|$.

Вероятността една частица да премине през непрозрачна бариера ($E < V_0$) и да се окаже в областта зад нея ($x > L$) се определя от квадрата на коефициента на преминаване през бариерата $|T|^2$. Тази вероятност е много по-малка от вероятността частицата да се отрази обратно от бариерата $|R|^2$ – Фиг. 2.

Изчисляването на вероятността за квантово тунелиране през класически забранени области е важно постижение на квантовата механика, но това е само част от проблема. Разглеждането на явлението в рамките на стацио-



Фиг. 2. Пътност на вероятността при квантовия тунелен ефект в стационарния случай

все още не е намерил своя отговор. Този фундаментален въпрос е: колко време е необходимо на тунелиращата се частица за да пресече потенциалната бариера?

Въпросът за времето на тунелиране продължава да бъде източник на взаимно противоречаващи мнения. Създадени са множество теории изчисляващи времето на тунелиране, но между тях няма добро съгласие, а в много случаи тези теоретични разглеждания взаимно си противоречат.

Нещата стават още по-объркващи, като се има предвид, че много от предложените теории за времето на тунелиране предсказват, че в областта на потенциалната бариера частицата се движи със скорост, която е по-голяма от скоростта на светлината във вакуум.

Освен това през последните 10-15 години бяха проведени множество микровълнови и оптични експерименти за измерване на времето на тунелиране, при които бяха измерени аномално къси временена на закъснение, тълкувани от авторите на експериментите, като доказателство за движение със свръхсветлинна скорост.

Въпросът за това колко време една тунелираща се частица прекарва в областта на потенциалната бариера е бил предмет на спорове от най-ранните години на квантовата механика [3, 4].

Една от фундаменталните причини, за това да не може да се отговори лесно на така поставения въпрос е обстоятелството, че в квантовата механика отсъства оператор за време. За разлика от положението (координатата) в квантовата механика времето се разглежда не като оператор, а като параметър.

Друга фундаментална причина, за да не може да се даде лесно отговор на въпроса за времето на тунелиране е обстоятелството, че в квантовата механика отсъства добре дефинирана траектория или история на частицата. Съгласно принципа на неопределеност, ако познаваме точно импулса на частицата, то в нейната координата има голяма неопределеност и човек едва ли може да си зададе въпроси, касаещи движението на частицата.

нартното уравнение на Шрьодингер не дава никаква информация за динамиката на процеса на тунелиране. Остава един фундаментален въпрос, свързан с квантовото тунелиране, който, макар че от откриването на явлението е изминал почти един век,

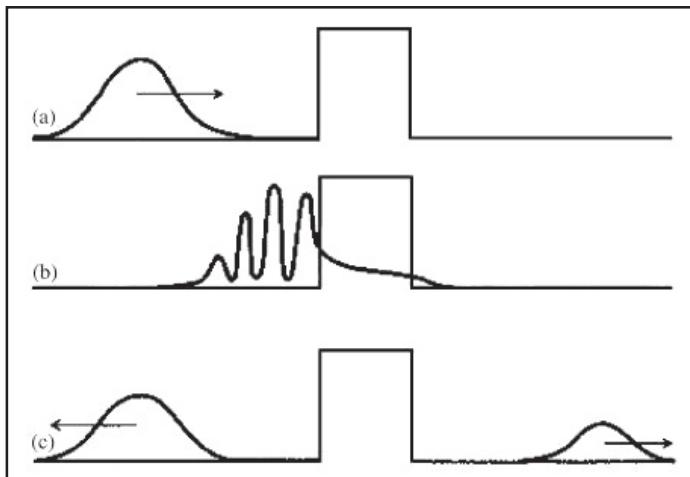
Голям брой теоретични разглеждания на времето на тунелиране се фокусират върху поведението на един вълнов пакет, пресичащ правоъгълна потенциална бариера. Но картината силно се усложнява понеже потенциалната бариера е диспергираща и понеже настъпва интерференция между частта на вълновия пакет вече отразена от бариерата и падащия пакет – Фиг. 3.

Една опростена, евристична оценка на времето на тунелиране се съдържа в следното разсъждение. За да преодолее потенциалната бариера тунелиращата се частица трябва временно „да заеме“ енергия равна на $(V_0 - E)$. Съгласно принципа на неопределеност тя трябва „да върне обратно“ тази енергия за време не по-голямо от $\hbar / (V_0 - E)$. Това дава една груба оценка за времето на тунелиране. Ако ширината на бариерата е L , то скоростта на частицата трябва да бъде по-голяма от $L(V_0 - E) / \hbar$. Получава се парадоксалният извод, че тази скорост не е ограничена и за достатъчно широки бариери може да бъде произволно голяма, дори по-голяма от скоростта на светлината във вакуум! Но това противоречи на принципа на релативистка причинност!

Полученият израз за скоростта на частицата в областта на бариерата има и друго странно следствие. При увеличаване на височината на бариерата V_0 , времето за нейното пресичане би трябвало да намалява. С други думи колкото по-отблъскваща е една потенциална бариера, толкова по-бързо тя ще бъде пресечена от частицата?!

2. Теории за времето на тунелиране

В опит да се отговори на дискусационния въпрос за времето на тунелиране на една частица през непрозрачна потенциална бариера различни изследователи са пробвали най-разнообразни подходи: метод на фазовите траектории,



Фиг. 3. Пътност на вероятността за вълнов пакет пресичащ непрозрачна потенциална бариера.

а.) Вълновият пакет приближава бариерата, но все още е далеч от нея.

б.) Вълновият пакет взаимодейства с бариерата и с част от самия себе си, която вече е била отразена обратно (явление на самоинтерференция).

с.) крайният резултат от взаимодействието с бариерата са отразен и преминал вълнови пакети.

метод на траекториите на Бом, метод на Файмановите интеграли по траекториите и др.

Няма съгласие за това, какво точно трябва да се разбира под време на тунелиране.

Най-разпространените подходи са следните.

2.1. Групово закъснение (екстраполирано фазово време или време на Вигнер)

Далеч от потенциалната бариера се конструира вълнов пакет, който представлява падащата върху бариерата частица. Този вълнов пакет има голяма пространствена протяжност и съответно малка неопределеност на импулса (тесен спектър). Изчислява се времето изтекло между появяването на пика на този вълнов пакет на входа и на изхода на потенциалната бариера [5, 6].

Подобна дефиниция се базира на Борновата интерпретация на квантовата механика, съгласно която пикът на вълновия пакет е точката с най-голяма вероятност да се регистрира разглежданата частица. Подходът на фазово-време третира задачата за тунелирането през потенциална бариера като задача за разсейване от потенциален център. Т. Хартман (T. E. Hartman) прилага разработеният от Д. Бом (D. Bohm) и Е. Вигнер (E. P. Wigner) метод на стационарната фаза за анализ на разсейването от централен потенциал. Изследва се деформацията на вълновия пакет в процеса на преминаване през бариерата и се изчислява комплексният коефициент (амплитуда) на преминаване $T(k) = |T| \exp(\phi_i)$.

Полученият резултат е прост – груповото закъснение на преминавания през бариерата вълнов пакет е равно на производната на пълната фаза на изхода на бариерата ϕ_0 по енергията:

$$\tau_{gt} = \hbar \frac{\partial \phi_0}{\partial E} = \hbar \frac{\partial}{\partial E} (\phi_i + kL) \quad (4)$$

където k е вълновото число в областта пред бариерата.

Числените пресмятания направени от С. Колинс (S. Collins)-[7] чрез решаване на пълното уравнение на Шрьодингер показват, че за достатъчно тясно разпределение по енергия именно груповото закъснение дава времето на появяване на пика на плътността на вероятността на изхода на бариерата.

В общия случай изразът за τ_{gt} е обемист и ние няма да го привеждаме тук. За случая на правоъгълна потенциална бариера и $E = V_0/2$, т.е. когато енергията на частицата е на нивото на половината от пълната височина на бариерата, този израз се опростява до:

$$\tau_{gt} = \frac{2\pi\hbar k L}{\kappa V} \quad (5)$$

където $v = (1/\hbar)(\partial E / \partial k) = \hbar k / m$ е груповата скорост на вълновия пакет пред бариерата, която е равна на скоростта на частицата.

За много широки бариери груповото закъснение клони към константа:

$$\tau_{gt} \xrightarrow{\kappa L \rightarrow \infty} \tau_{g^\infty} = \frac{2}{Kv} \quad (6)$$

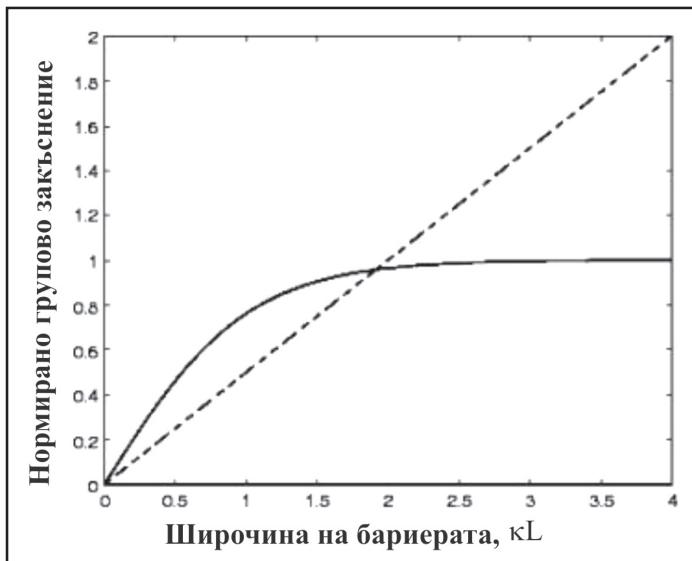
Това е математическият израз на т.н. ефект на Хартман [6]: при много широки бариери груповото закъснение не зависи от ширината на бариерата L – Фиг. 4.

Много автори тълкуват груповото закъснение като време, за което една частица пресича бариерата, т.е. изминава разстояние равно на L . Те тълкуват груповото закъснение като транзитно време. Изхождайки от това допускане тези автори изчисляват скоростта, с която частицата пресича бариерата по формулата:

$$v_{tr} = \frac{L}{\tau_{gt}} \quad (7)$$

Очевидно при широки бариери тази величина започва да зависи линейно от L т.е. може да стане произволно голяма. Именно това тълкуване на груповото закъснение лежи в основата на твърденията, че при квантовия тунелен ефект е възможно движение със скорости по-големи от скоростта на светлината във вакуум.

Всъщност груповото закъснение трябва да се разглежда като асимптотична величина. Вълновият пакет е добре дефиниран само когато е далеч от бариерата. Приближавайки бариерата той интерфеира с онази част от самия себе си, която вече е била отразена от бариерата обратно. Явлението се нарича самоинтерференция (self-interference). То води до силна деформация на вълновия пакет в областта непосредствено пред бариерата и в тази област е трудно да се определи какво трябва да се разбира под пик на импулса – Фиг. 3. Ние обаче можем да екстраполираме движението на вълновия пакет и да



Фиг. 4. Ефект на Хартман

приемем, че той продължава да се движи недеформиран до самия вход в бариерата при $x=0$, със скорост, равна на груповата скорост v . Така определеното групово закъснение е една асимптотична, екстраполирана величина.

2.2. Време на Лармор

В друг подход към времето на тунелиране с частицата се свързва (слабо) един часовник, който „цика“ само докато тя се намира в областта на бариерата. През 1967 г. А. Базъ предлага като квантово-механичен часовник, отмерващ времето на тунелиране, да се използва лармоловата прецесия на спина на частицата във външно магнитно поле [8]. В. Рибаченко [9] прилага този подход и изчислява т.н. лармолово време – τ^L .

Разглежда се следния мислен експеримент. Нека тунелиращата се частица притежава спин и спинов магнитен момент. Нека също еднородно и постоянно магнитно поле е приложено в областта на потенциалната бариера, а извън нея е равно на нула. Спинът на тунелиращата се частица извършва прецесия около магнитното поле (лармолова прецесия). Времето, за което частицата пресича бариерата, се изчислява по ъгъла на завъртане на нейния спин.

Така описания мислен експеримент може да се пресметне теоретично. Направените изчисления (включващи и предложената от М. Бютикер (M. Buttiker) поправка) показват, че за тънки бариери лармоловото време не зависи от нейната ширина, а за широки бариери, в съгласие с установените представи, клони към линейна зависимост от L .

Засега няма поставени експерименти за измерване на времето на Лармор.

2.3. Време на Бютикер-Ландауер

М. Бютикер и Р. Ландауер разглеждат друг мислен експеримент-[10].

Нека височината на бариерата се мени синусоидално с времето. Ако промяната е много бавна (с много малка честота), то тунелиращата се частица „ще видя“ моментната стойност на височината на бариерата. За бавни пертурбации вероятността за пресичане на бариерата ще следва пертурбацията.

Ако сега започнем да увеличаваме честотата на пертурбацията, то при никаква критична нейна стойност, вероятността за пресичане на бариерата ще престане да следва пертурбацията. Обратната стойност на тази критична честота (периодът) представлява оценка за времето на тунелиране, т.н. време на Бютикер-Ландауер τ^{B-L} .

Предложеният от Бютикер и Ландауер мислен експеримент също може да се анализира теоретично. Резултатът от тези пресмятания е, че скоростта на пресичане на бариерата е равна на абсолютната стойност на имагинерната скорост на частицата в областта на бариерата, изчислена от закона за запазване на енергията: $(2m(V_0-E))^{1/2} / m$. За $V_0 \ll mc^2$ тази скорост остава по-малка от скоростта на светлината във вакуум. Скоростта на Бютикер-

Ландауер обаче също расте с височината на бариерата и при силно непрозрачни бариери може да стане произволно голяма?!

Засега няма проведени експерименти измерващи времето на Бюгикер-Ландауер.

3. Електромагнитни аналоги на квантовия тунелен ефект

Съществува формална аналогия между стационарното уравнение на Шрьодингер:

$$\nabla^2 \psi(x, y, z) + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V(x, y, z)) \psi(x, y, z) = 0 \quad (8)$$

и вълновото уравнение на Хелмхолц, на което се подчиняват векторите на едно монохроматично електромагнитно поле с честота ω при отсъствие на странични източници на полето:

$$\begin{aligned} \nabla^2 \vec{E} + \omega^2 \epsilon_a \mu_a \vec{E} &= 0 \\ \nabla^2 \vec{H} + \omega^2 \epsilon_a \mu_a \vec{H} &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

В общия случай \vec{E} и \vec{H} са комплексни вектори, което е означено с точка над вектора.

Сравнението между (8) и (9) показват, че на една потенциална област от квантовата механика отговаря област с показател на пречупване:

$$n(x, y, z) \frac{\omega}{c} = \frac{i}{\hbar} \sqrt{2m(E - V(x, y, z))} \quad (10)$$

от класическата електродинамика.

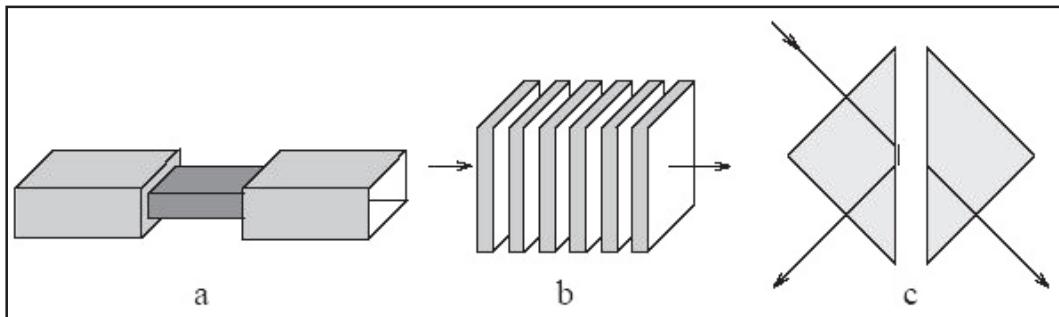
За разглеждания от нас случай на непрозрачна потенциална бариера ($E < V$) еквивалентният показател на пречупване е имагинерен. Това означава, че на експоненциално затихващата вълнова функция в класически забранената зона на непрозрачна потенциална бариера съответства една експоненциално затихваща с разстоянието, стояща електромагнитна вълна, която в оптиката се нарича евансентна (evanescent) вълна. Всички точки на евансентната вълна трептят във фаза, а амплитудата и намалява експоненциално с разстоянието:

$$\begin{aligned} E = E_0 e^{i(\omega t - kx)} \Rightarrow E &= E_0 e^{-kx} e^{i\omega t} \\ \text{бягаща вълна} \Rightarrow \text{евансентна вълна} \end{aligned} \quad (11)$$

Явлението е добре познато на всеки физик от курса по електродинамика и раздела за пълно вътрешно отражение.

Три примера на електромагнитни аналоги на непрозрачна потенциална бариера са показани на Фиг. 5. Това са: вълновод, който има променени размери и работи под критичната честота $\omega_{c1} < \omega < \omega_{c2}$, периодична диелект-

рична хетероструктура, чийто показател на пречупване се изменя периодично по направление на разпространението на вълната (т.н. едномерна фотонна решетка) и двойка призми с малък процеп между тях, структура известна като „потиснато пълно вътрешно отражение“ (FTIR=Frustrated Total Internal Reflection).



Фиг. 5. Фотонни бариери: a.) вълновод с централна част с намалени размери (по-голяма критична честота), b.) едномерна периодична диелектрична хетероструктура, c.) двойна призма с потиснато пълно вътрешно отражение (FTIR)

Тези електромагнитни (фотонни) бариери се характеризират с имагинерно вълново число и електромагнитното поле в тях има характера на евансцен-тна вълна.

След 1990 г. са проведени множество оптични и микровълнови експерименти, при които е изследвано тунелирането на класически вълнови пакети през горните и други подобни структури. Във всички тези експерименти се измерва груповото закъснение, т.е. времето протекло между регистрирането на пика на импулса на входа и на изхода на бариерата. Подобно на случая на тунелирането на една квантова частица това групово закъснение е равно на производната на пълната фаза на преминалия вълнов пакет по честотата:

$$\tau_{gr} = \frac{\partial \phi_0}{\partial \omega} = \frac{\partial}{\partial \omega} (\phi_i + \beta L) \quad (12)$$

където β е константата на разпространение на вълната в електромагнитната структура.

При тези експерименти са измерени аномално къси групови закъснения.

Разделяйки ширината на бариерата на това закъснение по формула – (7), повечето автори достигат до заключението, че вълновият пакет се движи със скорост, по-голяма от скоростта на светлината във вакуум.

4. Експеримент на Стайнберг, Куайт и Чиао в Бъркли

А. Стайнберг (A. M. Steinberg), П. Куайт (P. G. Kwiat) и Р. Чиао (R. Y. Chiao) провеждат през 1997 г. в Бъркли оптичен експеримент, който се явява

първия експеримент по измерване на времето на тунелиране в оптичната област [11]. Днес този експеримент е станал класически.

Опитната постановка е показана схематично на Фиг. 6.

Ето накратко същността на този експеримент.

Един непрекъснат ултравиолетов светлинен лъч с $\lambda = 351$ nm от аргонов лазер облъчва кристал от калиев дихидрит фосфат (KH_2PO_4). В резултат на явлението параметрично преобразуване надолу (parametric down-conversion) родителския UV фотон „се разцепва“ в кристала на два дъщерни фотона с равни енергии и $\lambda = 702$ nm. Те напускат кристала под малък ъгъл един спрямо друг.

Тези два корелиирани дъщерни лъча се отделят с помошта на две много тесни диафрагми. Единият лъч се разпространява по-нататък в свободно пространство, а на пътя на втория се поставя фотонната бариера.

За фотонна бариера при експеримента в Бъркли се използва 11-слойна диелектрчна структура с редуваш се показател на пречупване $n_1 = 2.22$ и $n_2 = 1.41$. Дебелината на всеки слой е равна на $\lambda/4$. Тази периодична диелектрична структура притежава фотонна забранена зона, разположена между 600 nm и 800 nm.

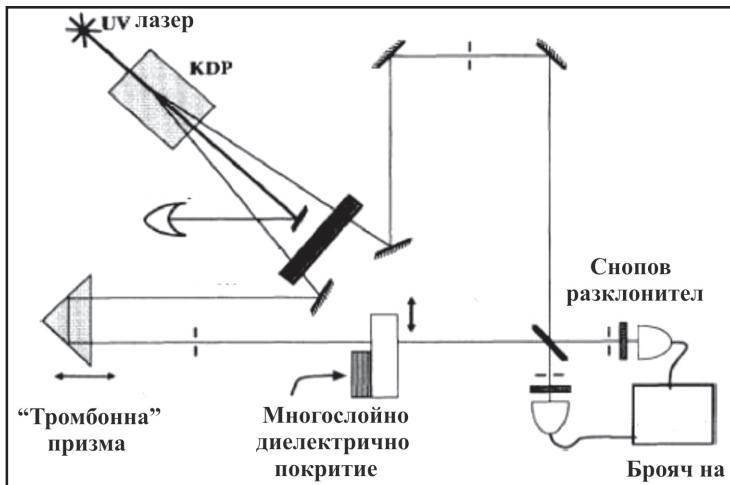
Пълната дебелина на 11-слойната структура е 1.1 μm. Във вакуум светлината изминава това разстояние за 3.6 fs.

Коефициентът на преминаване на светлината през бариерата е 1%.

В експеримента разликата в пътя изминат от двата дъщерни лъча се променя (наглася) чрез изместването на една призма, наречена „тромбонна“ призма, по аналогия с цугтромбона.

Времето на кохерентност между двата лъча е 20 fs.

Измерва се разликата във времето на пристигане на два корелиирани фотона, единият движещ се изцяло във въздух, а другият преминал в част от пътя си през фотонната бариера. Ако скоростта на тунелиране на фотоните през фотонната бариера е различна от скоростта на светлината във вакуум тези две времена няма да съвпадат.



Фиг. 6. Експеримент на Стайнберг, Куайт и Чiao по измерване на времето на тунелиране

В момента най-добрите фотонни детектори имат пикосекундна разделителна способност по време. А за случая са необходими детектори с фемтосекундна разделителна способност. Затова за измерване на разликата във времето на пристигане на дъщерните фотони авторите на експеримента използват интерференционна методика. Те прилагат един относително нов прибор – интерферометър на Hong-Ou-Mandel. На Фиг. 6 този интерферометър се състои от едно 50:50 полупропускливо огледало(спопов разклонител) и два фотонни детектора, свързани с детектор на съвпадения.

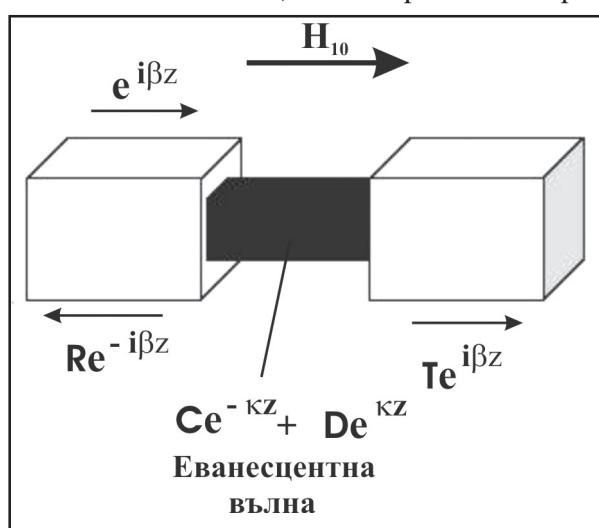
Без да навлизаме в детайлите на експеримента ще посочим крайният му резултат. Авторите на експеримента недвусмислено измерват, че фотонът, който е преминал през фотонната бариера пристига по-рано от фотона движещ се само във въздух. Разликата във времето е $\delta t = -1.47 \text{ fs}$, а това означава, че в бариерата фотоните се движат със свръхсветлинна скорост $1.7c$.

Трябва да се подчертая, че до извода за движение със свръхсветлинна скорост авторите достигат отново прилагайки формула (7).

Експериментът в Бъркли е първият експеримент, при който се съобщава за измерването на свръхсветлинна скорост при тунелирането на фотони. Това е експериментът, който поражда взрив на интереса към проблема за времето на тунелиране.

5. Микровълнов експеримент на Г. Нимц и сътрудници в Кьолн

Г. Нимц и сътрудници от Университета в Кьолн провеждат серия микровълнови експерименти по измерване на груповото закъснение на един класически вълнов пакет, който преминава през фотонните бариери, показани на



Фиг. 7. Експеримент на Г. Нимц и сътрудници в Кьолн

Фиг. 5. В своя първи експеримент от 1992 г. [12], тези автори използват като електромагнитен аналог на потенциалната бариера един правоъгълен вълновод с намалени размери – Фиг. 7. Този модел е най-близо до квантовото тунелиране тъй като има същото дисперсионно съотношение.

В експеримента се работи на най-ниската мода H_{10} на правоъгълния вълновод. Честотата е подбрана така, че да бъде по-малка от критичната честота на бариерата (вълновода с намалени размери), $\omega_{C1} < \omega < \omega_{C2}$. При

тези условия полето във вмъкнатия вълновод има характера на еванесцентна вълна.

Използвайки схемен анализатор Нимц и сътрудници измерват амплитудата и фазата на коефициента на преминаване на електромагнитната вълна през бариерата като функция на честотата. Измерванията са проведени при четири различни дължини на бариерата, $L=40, 60, 80, 100\text{ mm}$. Те намират, че фазовото отместване на преминалата вълна практически не зависи от дължината на бариерата. Това е в съгласие със споменатия по-горе ефект на Хартман.

В същото време преминалата вълна е силно отслабена.

След това авторите извършват обратно Фурье-преобразование, за да преминат от честотната във времевата област. Така те реконструират преминалия импулс като функция на времето. За дължина на средната секция 100 mm те намират, че груповото закъснение на преминалия през бариерата импулс е равно на 130 ps . В същото време ако импулсът се разпространява във вакуум, изминавайки същото разстояние, на него ще са му необходими цели 333 ps . Разделяйки дължината на бариерата на измереното групово закъснение авторите правят извод за движение със скорост $2.56c$.

След този свой първи експеримент групата от Къолн извършват серия от експерименти с различни фотонни бариери, както в честотната така и във времевата област. Във всички тези експерименти авторите твърдят, че са измерили скорости по-големи от скоростта на светлината във вакуум.

6. Гореща дискусия

Многобройните теоретични изследвания и проведените експерименти, в които авторите достигат до заключението, че при квантовия тунелен ефект или при неговите електромагнитни аналогии, е възможно и дори вече измерено движение със скорост по-голяма от скоростта на светлината във вакуум, предизвикаха оживена дискусия сред физическата колегия. Интензивността на дискусията не намалява и днес, почти петнадесет години от нейното начало. Самият аз, без да съм специалист по темата, съм издирил над 200 статии посветени на времето на тунелиране, повечето публикувани във водещи физически списания. Общият им брой разбира се е много по-голям. Някои обзорни статии са дадени в литературата [13-26].

В самото начало трябва да се подчертая, че повечето от проведените експерименти са много прецизни и че никой не се съмнява за тяхната коректност. Въпросът е в това по какъв начин да се осмислят получените резултати. Действително ли тези експерименти доказват, че тунелиращата се частичка се движи със скорост по-голяма от скоростта на светлината във вакуум? Действително ли при квантовия тунелен ефект и при неговите електромагнитни аналогии се нарушава принципа на релативистката причинност?

Повечето автори, след като подробно излагат в своите статии същността на проведените експерименти и изчисляват по един или друг начин (най-често чрез прилагане на формула [7]), че те са измерили движение със свръхсветлинна скорост изведнаж „дават заден ход“, когато стане дума за релативистката причинност. И това е напълно разбираемо. Принципът на релативистката причинност лежи в самата основа на съвременната физика.

Наистина, тук-там се намират и „смелчаци“, които „нахално“ твърдят, че са успели да предадат информация със скорост по-голяма от скоростта на светлината във вакуум.

Къде е истината?

Първото нещо, което аз бих изтъкнал, е че въпросът и в теоретично отношение и в тълкуването на експерименталните резултати е много заплетен. Само много внимателен анализ може да ни разкрие истинската картина.

В този популяррен обзор аз ще се ограничава с привеждането на аргументите на различни автори, които според мен достатъчно убедително показват, че все пак принципът на релативистката причинност не се нарушава. Повечето от тях са взети от излязлата през 2006 г. обзорна статия на Х. Винфул (H. G. Winful)-[26].

Започвайки анализа на проведените експерименти за измерване на времето на тунелиране трябва още веднаж да подчертаем, че всички те наблюдават тунелирането на класически вълнови пакети – в оптическата или микровълновата област. Няма нито един експеримент измерващ времето на пресичане на потенциална бариера от квантови частици. Всички тези експерименти измерват разстояние или закъснение, но не и директно скорост. Най-често се измерва груповото закъснение – времето на пристигане на силно отслабения пик на преминалия импулс на изхода на бариерата. Самите преминали импулси макар и силно отслабени не са деформирани, а са запазили първоначалната си форма. Това говори, че честотният спектър на използвани вълнови пакети е достатъчно тесен.

При тунелирането на квантови частици се сблъскваме със сериозна трудност – ако извършим измерване, показващо че частицата се намира точно на входа на бариерата при $x=0$, то с акта на самото измерване ние предизвикваме колапс на вълновата функция на частицата до съответната собствена функция на оператора на положението. Едновременно съгласно принципа на неопределеност ние внасяме произволно голяма неопределеност в стойността на импулса на частицата. Това прави измерването на абсолютните времена на навлизане на частицата в бариерата и на излизане от нея невъзможно.

Тунелирането е преди всичко вълново явление.

Ако например представим нашия електрон с вълнов пакет, то ако измерим че в момента $t=0$ този електрон е на входа в бариерата при $x=0$ ние предизвикваме колапс на вълновата функция до съответното собствено със-

тояние. След навлизане в бариерата така разрушеният вълнов пакет се разцепва на две части – отразен и преминал вълнови пакети. Но поради предизвикания от нас колапс на вълновата функция нито единият, нито другият могат да се свържат директно с първоначалната частица. Ако сега детектор, разположен зад бариерата, регистрира преминал електрон ние предизвикваме нов колапс на вълновата функция. Така, че имаме още по-малко основание да свържем този регистриран електрон с първоначалния електрон, движещ се към бариерата.

Въщност квантовата механика борави с ансамбли от частици и с величини, усреднени по тези ансамбли.

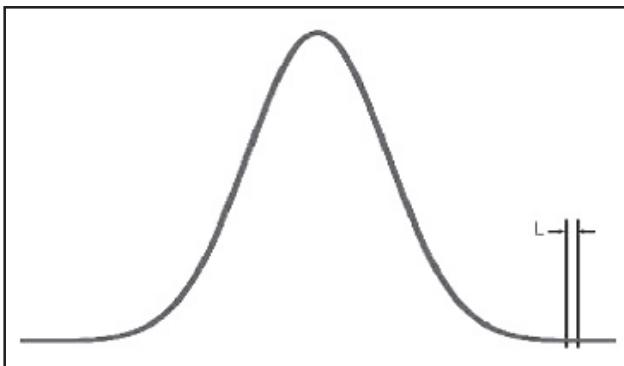
Ако разгледаме един ансамбъл от частици падащ върху потенциална бариера, то по времето, когато една индивидуална частица пристига на входа на бариерата, вътре в бариерата вече има преминали частици. Тези вече преминали частици имат плътност, която спада експоненциално с отдалечаване от входа на бариерата. По-голямата част от преминалите частици се концентрират в тънък слой, разположен в началото на бариерата. На изхода на бариерата при $x=L$ има само „тънка струйка“ частици, толкова по-тънка, колкото по-широва е бариерата. В същото време огромният брой частици на разглеждания ансамбъл се отразяват обратно от бариерата.

Ние можем да си зададем въпроса: „В кой момент максимумът на плътността на вероятността достига до изхода на бариерата?“ Но това не е времето, за което една индивидуална частица пресича бариерата от входа до изхода.

Освен това в квантовата механика не можем дори по принцип „да маркираме“ една частица, например електрон, на входа на бариерата при $t=0$ и след това да регистрираме същия електрон в някакъв следващ момент да излиза от бариерата при $x=L$. Ние не можем по никакъв начин да свържем преминалия електрон с един определен движещ се преди това към бариерата електрон. Електроните са неразличими и не могат да се бележат.

Но от друга страна класическото понятие за време на преминаване изисква ние да можем да маркираме един електрон и след това да проследим неговата траектория, т.е. последователните му положения във времето.

Ако се обърнем сега към електромагнитните аналоги на квантовия тунелен ефект, които в действителност са изследвани експериментално, то първо трябва да обърнем внимание на квази-статичния характер на тунелирането. Това е един бавен процес, изискващ вълнови пакети, чиято обвивка еволюира за времена, много по-големи от времето на преминаване на фронта на импулса през бариерата – Фиг. 8. Този фронт, съгласно принципа на релативистката причинност винаги се движи със скорост по-малка или равна на скоростта на светлината във вакуум. С други думи пространствения размер на падащия вълнов пакет бх трябва значително да превишава ширината на



Фиг. 8. Квазистатичен характер на процеса на тунелиране.

сравнение с широчината на фотонната забранена зона. При толкова тесен спектър на падащия импулс коефициентът на преминаване през бариерата е приблизително постоянен по целия спектър, а аргументът на този коефициент се изменя линейно с честотата. Това означава, че няма забелижима деформация във формата на преминалия вълнов пакет, което се подтвърждава от всички проведени експерименти.

Тъй като падащият вълнов пакет е много по-широк от бариерата, то трябва да се уточни коя точно точка пресича бариерата. Повечето автори приемат за такава точка максимума на импулса. Но числено моделиране на процеса на тунелиране показва, че пикът на падащия импулс въобще „не пътешества“ из областта на бариерата.

Вече многократно стана дума, че заключенията за свръхсветлинно движение при тунелиране се основават върху интерпретирането на измереното аномално късо групово закъснение като време на пресичане на бариерата. Всички автори на експерименти допускат, че измереното от тях групово закъснение е времето, за което един добре дефиниран обект преминава от точка $x=0$ до точка $x=L$, преминавайки последователно през всички точки, разположени между тези две гранични точки. Но вече стана дума, че квантовата механика не може да предскаже никаква добре дефинирана траектория в класически забранената зона на бариерата. Такава траектория не може да се припише и на евансцентната електромагнитна вълна в електромагнитните аналогии на тунелирането. Евансцентната вълна има вида $\exp(-kx)\cos(\omega t)$, т.е. всички точки на вълната трептят във фаза. За такава вълна отместването по фаза при пресичане на бариерата е равно на нула, т.е. груповото закъснение е равно на нула. Някои автори тълкуват това като пресичане на бариерата с безкрайно голяма скорост. Но това е недоразумение-по дефиниция евансцентната вълна е поле, което не се разпространява.

Изчисляването на груповото закъснение се базира върху коефициента на

бариерата L. Взаимодействието на такъв пакет с бариерата има квазистатичен характер.

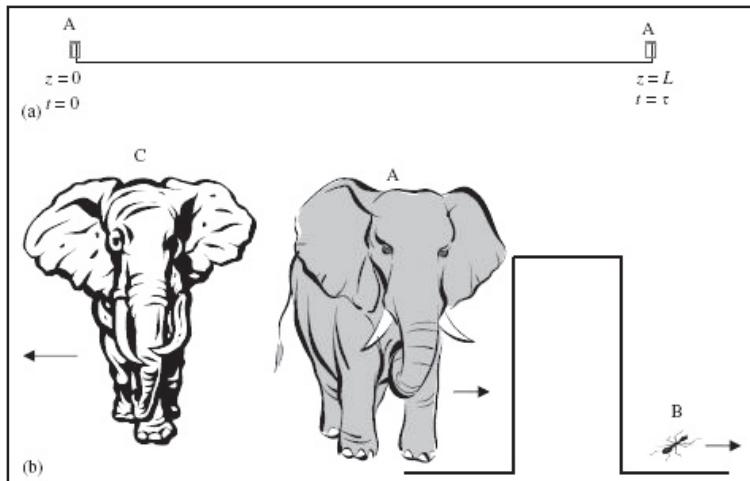
Това следва от изискването енергетичния спектър на падащия вълнов пакет да бъде тесен в сравнение с височината на потенциалната бариера. При тунелирането на класически вълнови пакети пък честотния спектър на пакета трябва да бъде тесен в

преминаване през бариерата Т. Но в този коефициент се отразяват свойства на цялата вълнова функция и е резултат от интерференцията на две вълни – бягаща по х вълна и вълна движеща се в обратна посока.

Класическото понятие за време на пресичане предполага, че падащия върху бариерата импулс и импулса, регистриран на изхода на бариерата са едно и също нещо. Съгласно класическите представи ние би трябвало да имаме един много тесен в сравнение с широчината на бариерата вълнов пакет, който е локализиран добре в нея и който изминава последователно всяка точка от входа до изхода.

Въщност при тунелирането имаме работа с вълнови пакети, които са много по-широки от бариерата. Подобен пакет взаимодейства едновременно с двете граници на бариерата.

Трябва да се подчертаяе, че при тунелирането нямаме един единствен обект, а цели три – падащ импулс, отразен импулс и преминал импулс. Именно отразеният импулс почти съвпада с падащия. Преминалата енергия е само много малка част от падащата (0.1% и по-малко). Това е остроумно илюстрирано от Х. Винфул – Фиг. 9.



Фиг. 9. a.) Класическото понятие за време на пресичане на бариерата изисква обектът „A“ при $z=L$ да бъде същият както обект „A“ при $z=0$. b.) При тунелирането обаче имаме работа с три различни обекта – падащ импулс(частица), отразен импулс и преминал импулс [26]

Падащото, отразеното и преминалото полета са свързани чрез полето в бариерата.

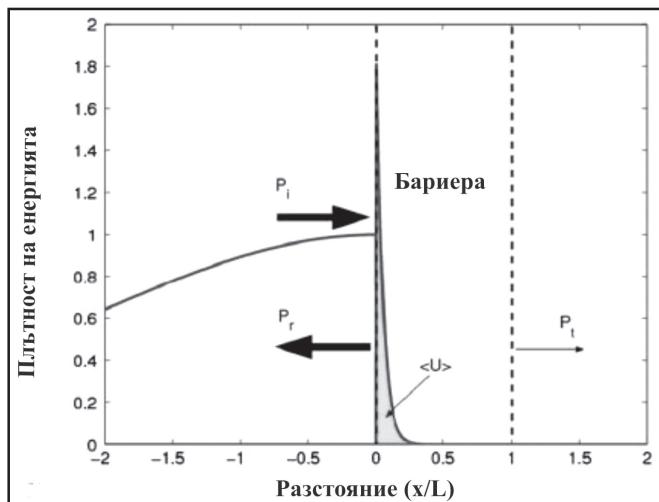
Ефектът на Хартман, който е един добре установен както теоретично, така и експериментално факт, говори че при много широки бариери груповото закъснение се насища и престава повече да нараства. Ако тълкуваме, както това правят много автори, груповото закъснение като време на пресичане на бариерата, това означава, че скоростта с която частицата пресича бариерата трябва да нараства с увеличаването на нейната ширина. Но как частицата (вълновия пакет) би могъл да знае, че ние сме увеличили ширината на бариерата и че тя трябва съответно да се ускори?!

Гореизброените аргументи говорят, че няма очевидна причинно-следствена връзка между пика на падащия върху бариерата импулс и пика на преминалия импулс. Класическото понятие за време на преминаване през бариерата и за скорост на нейното пресичане не е приложимо към явлението квантов тунелен ефект и към неговите електромагнитни аналогии. Няма никакви основания да се счита, че измереното групово закъснение е времето на пресичане на бариерата от една индивидуална частица или от един класически вълнов пакет. Прилагането на формула (7) от авторите на експериментите не е обосновано.

Винфул свързва груповото закъснение с времето за натрупване на частици (енергия) в областта на бариерата, до момента на установяване на равновесие между потока на падащи върху нея частици (енергия) и изтичащите от двета и края потоци частици (енергия) – назад (отражение) и напред (преминаване).

Ефектът на Хартман (насищането на груповото закъснение с увеличаване на широчината на бариерата) Винфул обяснява с насищането на натрупаната в областта на бариерата плътност на частиците (енергията) с увеличаването на широчината на бариерата. При $L \rightarrow \infty$ плътността на вероятността в областта на бариерата клони към спадаща експонента $|\psi|^2 \rightarrow \exp(-2kx)$ – Фиг. 10. Интегралната вероятност се насища при $L \rightarrow \infty$.

Самият преминал импулс не е падащия върху бариерата импулс, а се образува от изтичащите от бариерата в права посока частици (електромагнитна енергия). Падащият импулс в действителност въобще не се разпространява в областта на бариерата, той само създава натрупаната в нея плътност на частиците (енергия).



Фиг. 10. Разпределение на плътността на енергията в момента, когато максимумът на падащия импулс е на входа на бариерата.

Трябва да се отбележи, че натрупаната в бариерата плътност на частиците (енергия) е много по-малка, отколкото в едно свободно пространство със същата дължина. Тази енергия изтича много по-бързо в права и в обратна посоки и това обяснява защо измерените групови закъснения при бариери са по-малки отколкото при разпространение през свободно пространство.

Що се отнася до скоростта, с която се предава

информацията, то тази скорост се определя от интервала от честоти, която пропуска комуникационния канал. Съгласно формулата на Шенън [27] максималното количество информация, което постъпва в приемника от предавателя I_{\max} за време T при честотна лента на комуникационния канал F_{\max} е:

$$I_{\max} = F_{\max} T \log_2 \left(1 + \frac{P}{N}\right) \quad (13)$$

където P е средната мощност на предаваното съобщение, а N е средната мощност на шумовете.

Но тунелирането е процес с много тясна честотна лента и по принцип не позволява бърза комуникация.

Литература

1. F. Hund. Zeitschrift fur Physik, v. 43, 1927, p. 805
2. L. Nordheim. Zeitschrift fur Physik, v. 46, 1927, p. 833
3. E. U. Condon. Rev. Mod. Phys., v.3, 1931, p. 43
4. L. A. MacColl. Phys, Rev., v.40, 1932, p. 621
5. E. P. Wigner. Phys. Rev., v. 98, 1955, p. 145
6. T. E. Hartman. J. Appl. Phys., v. 33, 1962, p. 3427
7. S. Collins, D. Lowe, J. R. Barker. J. Phys. C: Solid State Phys., v. 20, 1987, p. 6213
8. А. И. Базь. Ядерная физика, т. 4, 1967, с. 182
9. В. Ф. Рибаченко. Ядерная физика, т. 5, 1967, с. 635
10. M. Buttiker, R. Landauer. Phys. Rev. Lett., v. 49, 1982, p. 1739
11. A. M. Steinberg, P. G. Kwiat, R. Y. Chiao. Phys. Rev. Lett., v. 71, 1993, p. 708
12. G. Nimtz. J. Phys. I (France), v.2, 1992, p. 1693

Обзорни статии, посветени на времето на тунелиране

13. E. H. Hauge, J. A. Stovneng. Rev. Mod. Phys., v.61, 1989, p. 917
14. R. Landauer. Nature, v.341, 1989, p.567
15. V. S. Olkhovsky, E. Recami. Phys. Rep., v. 214, 1992, p. 339
16. R. Landauer. Nature, v. 365, 1993, p. 692
17. R. Landauer, Th. Martin. Rev. Mod. Phys., v. 66, 1994, p. 217
18. R. Y. Chiao, A. M. Steinberg. Progress in Optics, v. 37, 1997, p. 345
19. G. Nimtz, W. Heitmann. Prog. Quant. Electron., v. 21, 1997, p. 81
20. J. G. Muga, R. Sara Mayato, I. L. Egusquiza. Time in Quantum Mechanics. Springer, Berlin, 2002
21. M. Razavy. Quantum Theory of Tunneling. World Scientific, Singapore, 2003
22. M. Buttiker, S. Washburn. Nature, v. 422, 2003, p. 271
23. G. Nimtz. Prog. Quant. Electron., v.27, 2003, p. 417
24. A. V. Pimpale. Prog. Quant. Electron., v.28, 2004, p. 345
25. V. S. Olkhovsky, E. Recami, J. Jakiel. Phys. Rep., v. 398, 2004, p. 133
26. H. G. Winful. Phys. Rep., v. 436, 2006, p. 1
27. М. П. Свиленс. Элементы теории информации, „Знание“, Рига, 1973

ДЕСЕТТЕ НАЙ-ВАЖНИ ОТКРИТИЯ НА „ХЪБЪЛ“

Марио Ливио



Фиг. 1. Първият ремонт на „Хъбъл“ през декември 1993 г. Астронавтите Стори Масгрейв (Story Musgrave) (на манипулатора), Джефри Хофман (Jeffrey Hoffman) (в товарния отсек) и другите членове на екипажа на совалката отстраняват дефектите на главното огледало. (фотография NASA)

През последните години, съвместно с други обсерватории, „Хъбъл“ откри два нови спътника на Плутон, откри неочеквано (и парадоксално) голяма галактика в много младата Вселена, и също така спътник на кафяво джудже, имащ масата на планета. Самото джудже тежи малко повече от самата планета. С помощта на „Хъбъл“ ни се удае да уточним някои характеристики на Вселената, които преди това съществуваха само в нашето въображение.

1. Стълкновение с комета

За космическите мащаби стълкновението на кометата Щумейкеров-Леви 9 с Юпитер не беше необичайно събитие. Освените с кратери повърхности на планетите и техните спътници показват, че Слънчевата система е едно истинско стрелбище. Но в рамките на един човешки живот с подобно съби-

Благодарение на космическия телескоп „Хъбъл“ ние разширихме нашите представи, преразгледахме някои теории и създадохме нови, които по-добре обясняват астрономическите явления.

През април 2006 г. се навършват 16 години откакто космическият телескоп „Хъбъл“ се намира в космоса, но докато НАСА се бори за възстановяване на полетите на космическите совалки, телескопът продължава да губи мощ. Ако астронавтите не успеят да го ремонтират, към средата на 2008 г. той окончателно ще излезе от строя.

С помощта на „Хъбъл“ бяха направени много важни открития в астрономията.

обсерватории, „Хъбъл“ откри

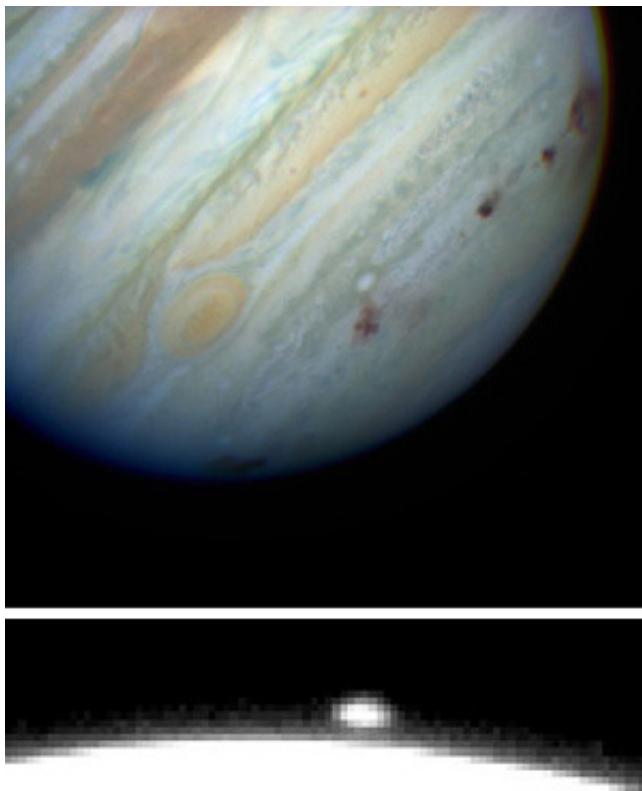
тие може да се сблъскате само веднаж – една комета се врязва в някоя планета средно в течение на хиляда години.

Една година преди гибелта на кометата Шумейкеров-Леви 9 получените с помощта на „Хъбър“ фотографии показваха, че тя се е разделила на две дузини фрагменти, които са се разтегнали във верижка. Първият от тези фрагменти се вряза в атмосферата на Юпитер на 16 юли 1994 г., а след него в продължение на една седмица паднаха и останалите. На фотографиите се виждат изригвания подобни на гъбата от ядрен взрив, която се издига над хоризонта на Юпитер. Тези изригвания след това се утаяват и разнасят в продължение на 10 минути след стълкновението. Но последствията на взрива се наблюдаваха в течение на още месец.

Следите на стълкновението ни помагат да си изясним състава на газовия гигант. От всяко стълкновение вълните се разбягваха със скорост 450 m/s. Характерът на разпространението на вълните показва, че отношението на кислорода към водорода в атмосферата на Юпитер, може да е 10 пъти по-голяма отколкото на Слънцето. Обаче, ако Юпитер се е образувал в резултат на гравитационна неустойчивост на първичния газово-прахов диск, то неговият състав трябва да бъде като този на диска, т.е. да отговаря на химическия състав на Слънцето. Това противоречие за сега остава неразгадано.

2. Планети извън Слънчевата система

През 2001 г. Американско кото астрономическо дру-



Фиг. 2. На това изображение, получено на 22 юли 1994 г. се виждат осем места на стълкновение (тъмните пятна, от тях някои са се наложили едно на друго и трудно се различават), които повредиха южното полукълбо на Юпитер. На долната фотография: изригване, което прилича на гъбата от ядрен взрив, под лимба на планетата, 6 минути след стълкновението на 16 юли. (фотография NASA)

жество се обърна с молба към специалистите да посочат най-значимото, според тях, откритие за последните 10 години. По мнението на повечето от тях, това е откриването на планети извън Слънчевата система.

Днес са известни около 180 такива обекта. Голяма част от тях е намерена с помощта на наземни телескопи по неголемите трептения на звездата, предизвикани от гравитационното взаимодействие на въртящата се около звездата планета. Засега такива наблюдения ни дават минимална информация: само размера и елиптичността на орбитата на планетата, а също така долната граница на нейната маса.

Изследователите се съсредоточиха върху три планети, за които нашият зрителен лъч лежи в равнината на орбитата.

Наблюдението с помощта на „Хъбъл“ на първия от откритите спътници на звездата HD 209458 даде най-пълна информация за планета, намираща се извън Слънчевата система. Тази планета е с 30% по-лека от Юпитер, но при това диаметърът ѝ е също с 30% по-голям, възможно защото излъчването на близко разположената звезда я раздува.

Данните на „Хъбъл“ са с достатъчна точност, за да може да се открие наличието на пръстени и на массивни спътници, но такива не са открити.

„Хъбъл“ за първи път определи химическия състав на планета, въртяща се около друга звезда. В нейната атмосфера се съдържа натрий, въглерод и кислород, а водородът се изпарява в пространството и създава кометообразна опашка.

Тези наблюдения са началото на търсене на химични признания за наличието на живот в далечните тъгълчета на Галактиката.

3. Агонията на звездите

Съгласно теорията, звезда с маса равна на 8 до 25 слънчеви маси завършила своя жизнен път с взрив на свръхнова. Когато изчерпи запасите си от топлина, звездата рязко губи възможност да удържа собственото си тегло. Ядрото на звездата колапсира, превръщайки се в неутронна звезда – массивен, свръхплътен обект. Външните слоеве газ се изхвърлят в пространството със скорост равна на 5% от скоростта на светлината. Никак не е лесно да се провери тази теория, защото в нашата Галактика не са се взривявали свръхнови от 1690 г. Обаче на 23 февруари 1987 г. щастливо се усмихна на астрономите – стана взрив на свръхнова в съседна галактика, спътник на Млечния път, Големият Магеланов облак. По това време „Хъбъл“ още не беше изведен в орбита, но след 3 г. той започна да проследява процеса и скоро откри три пръстена, които обкръжаваха взривилата се звезда. Централният пръстен се наблюдава на мястото на тясната съединителна връзка в газовия облак, имаш формата на пясъчен часовник, а големите пръстени се наблюдават на края на две приличащи на чаши кухини, по видимо образувани от

звездата няколко десетки хиляди години преди взрива.

През 1994 г. „Хъбъл“ започна да забелязва ярки петна, които възникваха едно след друго върху централния пръстен. Причината е, че в централния пръстен се врязва изхвърлената от свръхновата звезда материя.

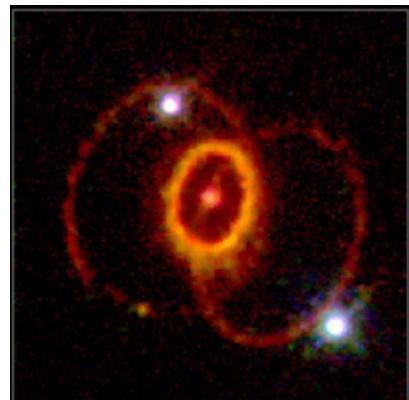
За разлика от своите по-масивни събрата, звездите от типа на Слънцето, умират по-елегантно, изхвърляйки своите външни газови слоеве постепенно, без взрив. Това продължава около 10 хиляди години. Когато горещото централно ядро на звездата се оголи, то със своето излъчване йонизира изхвърления газ, кара го да свети с ярка зелена светлина (йонизиран кислород) и червена светлина (йонизиран водород). В резултат на това възниква планетарна мъглявина. В момента са известни около 2 хиляди такива мъглявини. „Хъбъл“ показва техните необикновено сложни форми в най-големи детайли.

В някои мъглявини се наблюдават няколко концентрични кръга, приличащи на окото на бик, което говори че изхвърлянето на таз е епизодично, а не непрекъснато.

Предполагаемото време между две изхвърляния е 500 години, което е твърде дълго за динамични пулсации (при които звездата се свива и разширява в резултат на противоборството между гравитацията и газовото налягане) и е твърде бързо за топлинните пулсации (при които звездата излиза от състоянието на равновесие). Истинската природа на наблюдаваните пръстени остава неясна.

4. Космическо раждане

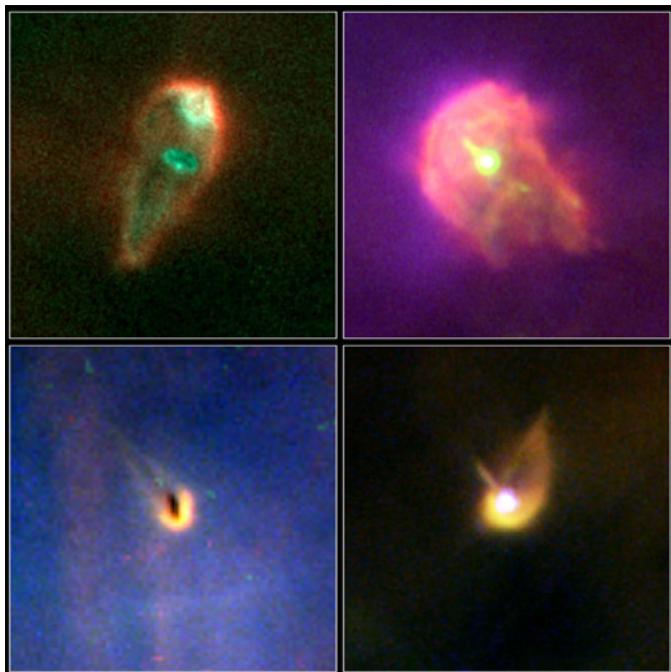
Установено е, че тънки и бързи газови струи свидетелстват за раждането на звезда. Когато



Фиг. 3. Когато ударната вълна на Свръхновата 1987А достигна до съществуваща преди това газов пръстен, пламнаха горещи петна.
(фотография NASA)



Фиг. 4. Мъглявината Котешко око – една от най-сложните, сред известните планетарни мъглявини, които се образуват от умиращите звезди от типа на Слънцето. (фотография NASA)



Фиг. 5. Дискове от прах, приличащи на уродливи амеби, окръжават формиращите се звезди в съзвездието Орион.

*Площа на всяко изображение е 2040 а.е.².
(фотография NASA)*

че те се намират толкова дълбоко в родителския облак, че не могат да се наблюдават. „Хъбъл“ откри цяла дузина протопланетни дискове – проплиди, често виждащи се като силует на фона на мъглявина. Поне половината от изучените млади звезди имат такива дискове, свидетелстващи за това, че има достатъчна сировина за формирането на планети.

5. Галактична археология

Астрономите считат, че големите галактики, такива като Млечния път и нашата съседка Мъглявината Андромеда, са пораснали поглъщайки по-малки галактики. Признанията за „галактичния канибализъм“ трябва да се разпознаят по разположението, възрастта, състава и скоростите на влизашите в тях звезди.

Благодарение на наблюденията от „Хъбъл“ на звездното хало на Мъглявината Андромеда (слаб сферичен облак от звезди и звездни купове около основния галактичен диск), изследователите открили, че в халото влизат различаващи се по възраст звезди: при най-старите възрастта достига 11-13.5 млд. години, а при най-младите звезди – 6-8 млд. години. Тези най-млади

звездата се формира, тя може да изхвърли две тънки струи с дължина от няколко светлинни години.

Съгласно една от хипотезите, крупномащабно магнитно поле пронизва диска от газ и прах, който окръжава една млада звезда. Йонизираното веществото е заставено да тече по направление на магнитните силови линии. Наблюденията на „Хъбъл“ подтвърдиха теоретичната прогноза, съгласно която газовите струи се раждат в центъра на диска.

В същото време данните, получени от „Хъбъл“ опровергаха едно друго предположение, отнасящо се до околовъзездните дискове. Считаше се,

звезди, като че ли случайно са се озовали тук от някаква млада галактика (например от по-гълната галактика-спътник) или пък от по-ранна област на самата Андромеда (например от диска, ако част от него се е разрушила при близкото преминаване на неголяма галактика или при стълкновение с нея). В халото на нашата галактика няма забележим брой относително млади звезди. Така че въпреки че формите на Мъглявината Андромеда и Млечния път си приличат, наблюденията на „Хъбъл“ показват, че историята на двете галактики се различава значително.

6. Свръхмасивни черни дупки

От 60-те години на миналия век астрономите получиха доказателства за това, че за източник на енергията на квазарите и на другите активни галактични ядра служат гигантските черни дупки, залавящи окръжаващото ги вещества. Наблюденията на „Хъбъл“ подтвърждават тази теория. Почти за всяка детайлно наблюдавана галактика се намериха указания за скрита в нейния център черна дупка.

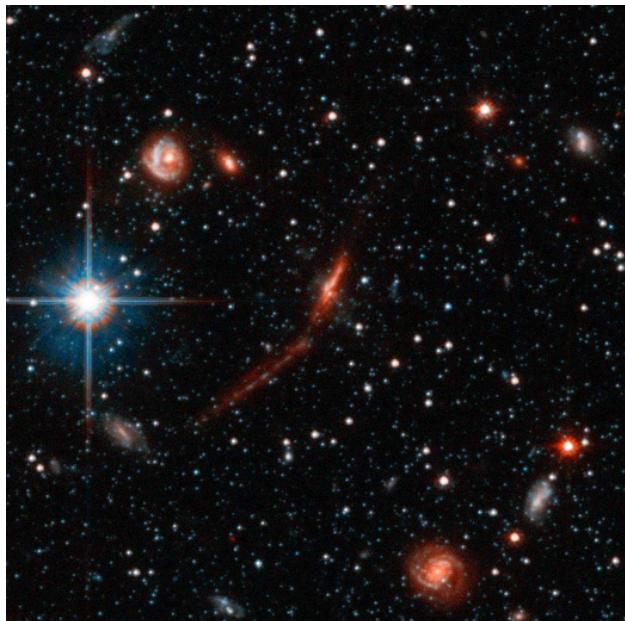
Особено важни се оказаха две обстоятелства.

Първо. Изображенията на квазари, получени с висока ъглова разделителна способност, показваха че те се разполагат в ярки елиптични галактики или във взаимодействащи си галактики. Това означава, че са нужни особени условия, за да се захранва централната черна дупка.

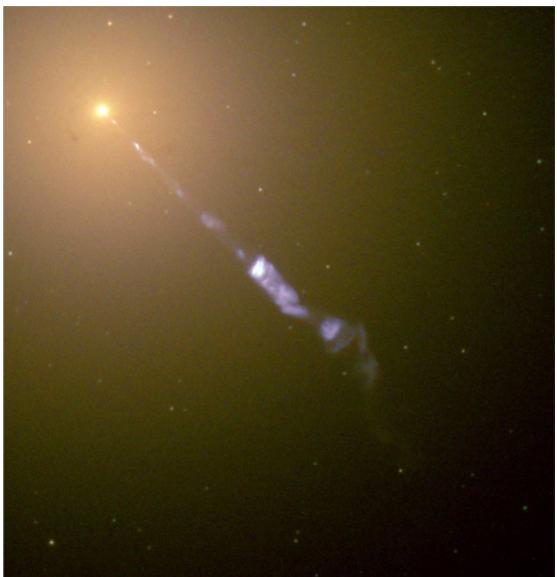
Второ. Масата на гигантската черна дупка силно корелира със сферично-то звездно сгъстяване, окръжаващо галактичния център. Тази корелация свидетелства за това, че формирането и еволюцията на галактиката и на нейната черна дупка са тясно свързани.

7. Най-мощните взривове

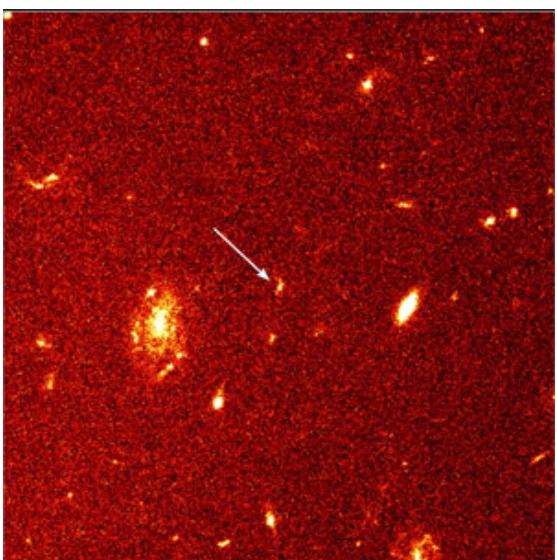
Плисванията на гама-фотони представляват къси избухвания на гама-льечение, продължаващи от няколко ms до десетки минути. Тези плисвания се



Фиг. 6. Странните млади звезди намирящи се в покрайнините на Мъглявината Андромеда може би представляват „отломки“ от стълковението на галактики. (фотография NASA)



Фиг. 7. Плазмената струя, изригваща от галактиката M87, изглежда че се генерира от черна дупка с маса 3 млн. слънчеви маси.
(фотография NASA)



Фиг. 8. Галактиката 971214, в която се наблюдава гама-избухване изглежда като малко петънце (показано е със стрелка).
(фотография NASA)

разделят на два типа в зависимост от тяхната продължителност. За граница между двете групи се приема 2s.

В по-дългите избухвания се образуват фотони с по-ниска енергия, отколкото в по-късите. Наблюденията, проведени от Комптоновата гама-обсерватория, от рентгеновия спътник „BeppoSAX“ и от наземни обсерватории ни позволяват да предположим, че по-дългите избухвания възникват при колапс на ядрата на массивните, краткоживущи звезди, т.е. звезди от типа на свръхновите. Но защо само малка част от свръхновите звезди предизвикват плисване на гама-фотони?

„Хъбъл“ е намерил, че независимо, че във всички области на звездообразуване в галактиките избухват свръхнови, дългите плисвания на гама-фотони са концентрирани в най-ярките области, точно там, където са съсредоточени най- массивните звезди. Нещо повече, продължителните плисвания на гама-фотони най-често възникват в неголеми, неправилни, бедни на тежки елементи галактики. И това е важно, защото дефицитът на тежки елементи в массивните звезди прави техния звезден вята не толкова мощн, колкото в звезди, богати на тежки елементи. Затова за времето на своя живот бедните на тежки елементи звезди запазват по-голяма част от своята маса и когато идва време те да се взривят, те се оказват по- массивни. Колапсът на техните ядра

не води до образуването на неутронна звезда, а до образуването на черна дупка.

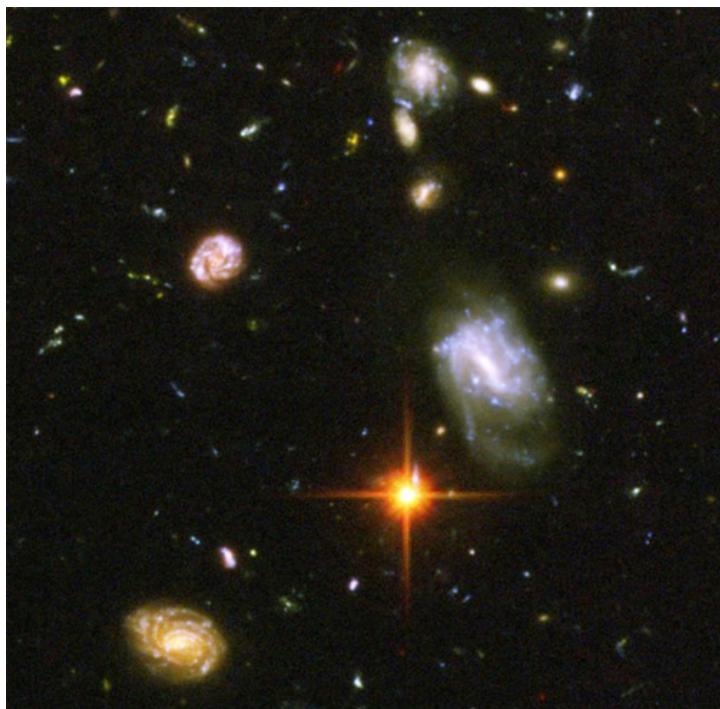
Астрономите считат, че продължителните плисвания на гама-фотони са предизвикани от тънки струи, изхвърлени от бързо въртящи се черни дупки. Решаващи фактори за това колапсът на ядрото на звездата да предизвика мощно плисване на гама-фотони се явяват масата и скоростта на въртене на звездата в момента на нейната смърт.

8. Еволюция на галактиките

Една от фундаменталните задачи на астрономията е да се изследва развитието на галактиките и на техните предтечи за временен интервал максимално близък до момента на Големия мзрив. За да разберат как е изглеждал някоя нашият Млечен път, изследователите решиха да получат изображения на галактики на различна възраст – от най-млади до най-стари.

За тази цел, за да наблюдава най-далечните (а значи най-древните) галактики, „Хъбъл“ съвместно с други обсерватории е получил изображения на няколко малки участъка от небето, направени с много дълги експозиции. Свръхчувствителните снимки показват галактиките във Вселената, когато тя е била само на няколко стотин милиона години, което е едва 5% от сегашната и възраст. Тогава галактиките са били с по-малки размери и са имали по-неправилна форма отколкото сега, което би могло да се очаква, ако се приеме, че съвременните галактики са се образували чрез сливането на малки галактики (а не чрез разпадането на по-толеми). Създаваният в момента космически телескоп „Джеймс Уеб“, наследник на „Хъбъл“, ще може да проникне в още по-отдалечени епохи.

Фотографите



Фиг. 9. На тази фотография на „Хъбъл“ са показани далечни галактики, които са милиарди пъти по-слаби, отколкото може да се види с невъоръжено око. (фотография NASA)

позволяват също така да се проследи как се е променяла интензивността на звездообразуването във Вселената от епоха в епоха. По всичко изглежда, че тя е достигнала своя максимум преди около 7 млд. години, а след това постепенно е отслабнала 10 пъти. Когато Вселената е била още млада (т.е. на 1 млд. години) скоростта на звездообразуване вече била висока и се равнявала на 1/3 от максималната си стойност.

9. Възрастта на Вселената

Наблюденията на Едвин Хъбъл и неговите колеги през 20-те години на миналия век показваха, че ние живеем в една разширяваща се Вселена. Галактиките се отдалечават една от друга, като че ли пространството на Вселената се разтяга равномерно. Константата на Хъбъл (H_0), която показва съвременната скорост на разширение, позволява да се определи възрастта на Вселената. Обяснението е просто: константата на Хъбъл, това е скоростта на отдалечаване на галактиките. Затова, ако се пренебрегне ускоряването и забавянето, величината, която е обратна на константата на Хъбъл ($1/H_0$) ще ни даде времето, когато всички галактики са били една до друга.

Освен това стойността на константата на Хъбъл играе определяща роля за растежа на галактиките, за формирането на леките елементи и за установяването на продължителността на фазите на космическата еволюция. За това не е учудващо, че още от самото начало, измерването на стойността на константата на Хъбъл е било една от основните задачи на едноименния телескоп.

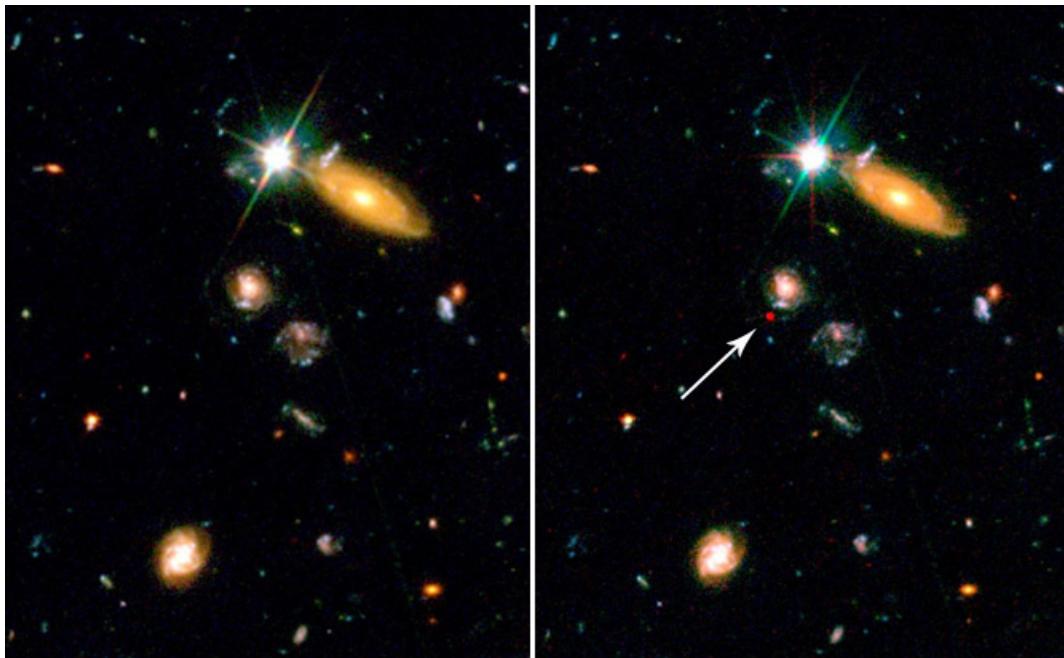
На практика за определяне на тази величина трябва да измерим разстоянието до най-близките галактики, а това е много по-трудна задача, отколкото се считало през 20-ти век. „Хъбъл“ детайлно е изследвал цефеидите – звезди с характерни пулсации, периодите на които дават указания за техния истински блясък, а значи и за разстоянието до тях. Точността на получената стойност на константата на Хъбъл е около 10%. Заедно с резултатите от измерването на реликтовото лъчение това определи възрастта на Вселената на 13.7 млд. години.

10. Ускоряващата се Вселена

През 1998 г. две независими изследователски групи достигнаха до поразителен извод: разширяването на Вселената се ускорява.

Обикновено астрономите считаха, че Вселената се забавя, тъй като взимното привличане на галактиките би трябвало да забавя тяхното разбягване. Въпросът за това, какво предизвиква ускорението, е една от най-сложните загадки на съвременната физика.

Съгласно работната хипотеза, във Вселената се съдържа невидима съставяща, наречена „тъмна енергия“. Съвкупността от наблюденията на „Хъ-



Фиг. 10. Съпоставянето на различни по време фотографии доведе не само до откриването на далечни свръхнови, но и до откриването на ускореното разширяване на Вселената (фотография NASA)

бъл“, на наземните телескопи и измерването на реликтовото лъчение говорят, че в тази тъмна енергия се съдържа $\frac{3}{4}$ от пълната плътност на енергията на Вселената.

Ускореното разширение на Вселената е започнало преди около 5 млд. години. До този момент разширението се е забавяло. През 2004 г. „Хъбъл“ откри 16 далечни свръхнови, които са избухнали по това време. Данните от наблюденията налагат ограничения на теориите за природата на тъмната енергия. Най-простата (и най-загадъчната) възможност е енергията да принадлежи на самото пространство, дори ако то е съвсем празно.

Днес наблюденията на далечни свръхнови остава най-добрия метод за изучаване на тъмната енергия. Ролята на „Хъбъл“ в изучаването на тъмната енергия е огромна. Затова астрономите ще са благодарни на НАСА ако телескопът бъде запазен.

Превод: Динко Динев
Scientific American, No 10, 2006

СТАНДАРТЕН И ИНФЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ВСЕЛЕНАТА

М. Бушев

Повод за тази бележка ми даде статията на колегата д-р Хр. Протохристов *Реликтовото излъчване* („Светът на физиката“, 1/07), в която се проследява пътят на съвременната космология до откриването на анизотропията на реликтовото лъчение от Джон Мадър и Джордж Смут, за което двамата учени получиха Нобеловата награда по физика за 2006 година. В статията е описана историята на създаването на теорията на Големия взрив – т.нар. стандартен модел на Вселената, който обяснява възникването на Вселената от мощна експлозия на един „първичен атом“ (Ж. Льометр, 1927). А по-нататък се казва, че „следствие от Големия взрив е разширението (инфляция) на Вселената“*(с. 4).

Именно цитираното тук смесване на двата модела на разширяваща се Вселена – стандартния и инфационния – ме подтикна да се опитам кратко да изясня разликата между тях. Точно тази разлика позволява в значителна степен да се поясни същността на откритието на Смут и Мадър.

Както е казано и в статията на д-р Протохристов, според теорията на Големия взрив Вселената възниква от сингулярно състояние (т.нар. „първичен атом“) преди около 14 милиарда години. Моментът на възникването е $t = 0$ и състоянието е с безкрайно високи плътност и температура (затова моделът се нарича още „теория на Горещата Вселена“). С Големия взрив възниква всичко – пространството, времето и материията. Затова няма смисъл да се говори за събития, предшестващи Големия взрив. Както няма смисъл да се говори и за „мястото“ на Големия взрив. А така също не може да се опише или обясни нищо от онова, което е станало през първите 10^{-43} s след Големия взрив. (Нека напомня, че интервалът от време 10^{-43} s е т.нар. Планково време; от комбинациите на трите фундаментални константи – скоростта на светлината c , квантът на действието \hbar и гравитационната константа G – Макс Планк получава единици за маса, време и разстояние).

* Тук ще отбележа една историческа неточност в статията *Реликтовото излъчване*. На с. 4 (правилно) се посочва, че още през 1922 А. Фридман в поредица от работи създава теория на нестационарната Вселена. Не е вярно обаче, че „тези работи остават задълго непознати на Запад... и са преоткрити едва през 60-те години на миналия век“ (пак там). Добре известно е, че Айнщайн е коментирал (в печатни издания) публикациите на Фридман още през 1922 и 1923, като първоначално ги отхвърля, но после се съгласява с неговите изводи. Затова Фридман с право може да се смята за предшественик на Льометр.

Тези „напъхани под черджето“ въпроси не говорят добре за модела на Големия взрив. Обаче с откриването на реликтовото (или фоново) лъчение (А. Пензиас и Р. Уилсън, 1965) моделът получи убедително потвърждение. Но без отговор все пак оставаха (този път без да бъдат „забранени“) някои твърде важни въпроси.

Ето някои от тях. Първо, защо различни части на Вселената изглеждат практически еднакво, при все че между тях не съществува причинно-следствена връзка? Второ, защо не се наблюдават свръхтежките частици магнитни монополи, въпреки че по теория те би трябвало да съществуват в изобилие и да увеличат наблюданата плътност на веществото във Вселената ($\rho_0 \approx 10^{-29} \text{ g.cm}^{-3}$). Трето, защо Вселената с огромна степен на точност е „плоска“, т.е. геометрията ѝ е близка до евклидовата?

Нека поясня първия от горните въпроси. Да разгледаме две галактики, които са на разстояние 8 милиарда светлинни години от нас, но в противоположни посоки, гледано от Земята. Следователно разстоянието между тях е 16 милиарда светлинни години. Двете области са практически еднородни, т.е. съдържат едни и същи типове галактики и температурата им е една и съща. Но тъй като Вселената е на възраст по-малка от 16 милиарда години, светлината не би разполагала с достатъчно време, за да измине разстоянието между двете области, т.е. тези области не са причинно свързани и затова никакви разлики между тях не биха могли да бъдат изгладени. Тогава как да си обясним, че Вселената изглежда съвсем еднаква, в каквато и посока да я наблюдаваме? (В книгата на Кралския астроном на Великобритания Сър Патрик Мур и сътрудниците му Брайън Мей и Крис Линтът *ВЗРИ-ВЪТ! Пълна история на Вселената*, която скоро ще се появи и на нашия пазар, тази „безпричинна“ еднородност на Вселената е наречена „космически заговор“.)

Отговорите на тези (а и на други) въпроси бяха потърсени с помощта на създадения през 80-те години на миналия век модел на инфлационната Вселена (независимо от Алън Гът, Андрей Линде, Пол Стейнхарт и др.). Според инфлационната теория в краткия период между 10^{-35} и 10^{-33} s след Големия взрив е имало извънредно бързо разширяване, наречено инфляция (раздуване), при което размерът на Вселената се е увеличил много милиарди пъти. В края на инфлационния период разширението намалява и се връща към относително устойчивата скорост, наблюдавана в днешно време (с познатите предсказания на модела на Горещата Вселена).

Обяснението на горните въпроси с помощта на инфлационния модел, накратко казано, е следното. Вселената е имала възможност да се хомогенизира в интервала до 10^{-35} s след Големия взрив, т.е. през този период всички нейни части са били причинно свързани (времеподобни по релативистичната терминология) и не е бил нужен никакъв „космически заговор“. След периода

на инфлацията тези области запазват своята еднородност, въпреки че вече не са причинно свързани.

Моделът на инфлацията обяснява също така защо досега не е наблюдаван нито един магнитен монопол. Просто след инфлационното разширяване на Вселената обемът ѝ дотолкова се е увеличил и монополите дотолкова са се разредили, че вероятността да ги наблюдаваме във видимата част на Вселената е изчезваща малка. По същата причина, а именно поради огромното увеличаване на размерите на Вселената след инфлацията, каквато и да е нейната истинска Риманова геометрия, достъпната за нашите наблюдения локална практически ще има плоска, квазиеуклидова, геометрия. Това обяснява и третия въпрос.

Не е нужно да се търсят особени оправдания на инфлационната теория и на нейното загадъчно краткотрайно ускорение. Тя е типичен пример за *ad hoc* теория, която намира своето оправдание в логичното обяснение на ред космологични проблеми.

След краткия период на ускорено разширяване (инфлация) започва значително по-бавното „стандартно“ разширение, което продължава и до днес.

Тук обаче възниква споменатият по-горе въпрос: как в изотропната и хомогенна слединфлационна Вселена са могли да възникнат онези първоначални нехомогенности, които са дали началото на галактиките и галактичните купове?

В статията на д-р Протохристов кратко е посочено как зародишите на първоначалните нееднородности могат да възникват при различни хипотези за физическите процеси, протичащи в условията на стандартното разширение на Вселената. Именно тези нееднородности са регистрирани от Мадър и Смут като температурни вариации на реликовото (фоновото) лъчение.

В заключение ще отбележа следния любопитен факт. За открития, свързани с реликовото лъчение бяха дадени 2 Нобелови награди. Първото откритие (Пензиас и Уилсън, 1965) установява, че реликовото лъчение е еднородно и изотропно и това довежда до създаването на инфлационния модел. Второто откритие (Мадър и Смут, 1992) показва, че същото това лъчение е нееднородно и анизотропно. Но няма противоречие: верни са, разбира се, и двете наблюдения. Просто отново се натъкваме на типичен пример за спирала на познавателния процес в приближаването към научната истина.

Юли 2007
София

РАЗМИШЛЕНИЯ ВЪРХУ ИДЕИТЕ ЗА МНОГО СВЕТОВЕ

А. С. Стефанов

1. Встъпителни думи

Понятието за свят, както тук ще бъде разбирано, има два характерни белега. Първо, то е променливо, понеже е исторически определено. Самото мислене за света е възможно, поне в (прото)системна форма, едва в рамките на някаква картина на света, задаваща една обща отнология. Картините на света обаче, както между впрочем и светогледите, носят върху себе си отпечатъка на теоретичната напредналост на разума и на културната ситуиралост на възприемащото съзнание. И двете условия подлежат на историческа промяна.

На второ място, значението на понятието за свят, диктувано от неговото обхващане на всичко съществуващо, се покрива семантично със значението на думата „вселена“. Ще употребявам тези думи като синоними, освен в редките случаи, при които ще посочвам поясняващи разлики между тях. Един свят може да загради част от вселената, обособена по типичен признак: например микро-свят, като света на малкото, света на квантовите обекти, или пък да представи нечия субективна личностова вглъбеност, например светът на вашите мечти. Ежедневната употреба на думата „свят“ е натоварена тъкмо с такова разбиране за светова окръженост (а изразът „целия свят“ е другият начин да се изкаже представата за вселена).

Синонимната употреба на свят и вселена се налага още и от придържането ми към една млада, но наложила се терминологична традиция в контекста на съвременното теоретизиране за възможните истории на вселената, си реч в контекста на съвременната космологична спекулация. Традицията се наложи през последните десетилетия около „кодовата“ употреба на израза теория за многото светове (*many worlds theory*), или много светова интерпретация (*Many Worlds Interpretation*) на квантовата теория². Както ще стане ясно в хода на изложението, онтологичният акцент върху първия израз и епистемологичният акцент върху втория, са тук без значение, защото изразите кодират една и съща хипотеза за много налични светове или за паралелни вселени. Тази колкото любопитна, толкова и актуална днес хипотеза неочаквано проби интерпретационния пашкул на една – макар и фундаментална – теория, каквато е квантовата механика, и метаморфозира в глобален космологичен възглед за устройството на мирозданието. Възгледът обаче прите жава различни концептуални реализации, които са централен предмет на разглеждане в предлаганите размишления.

2. Ранни идеи за множественост на световете

Една идея за множественост на световете, или за паралелни вселени, носи напрежение в самата себе си. Щом вселената обхваща всичко съществуващо, то как да разбираме предположението, че има и други вселени? Както ще видим по-нататък, такава идея може да отмести очевидното противоречие, като се възнесе на едно абстрактно стъпало по-нагоре, за да се превъплрати в идея за мултивселена. Но това възнасяне е твърде късен исторически развой на теоретичната спекулация. Ранните идеи за множественост на световете не произвеждат отбелязаното напрежение.

Не съм си поставил за цел да разгледам историческото раждане и взаимното влияние на космологични и философски идеи за множественост на световете, защото неговата сериозност предполага съвсем отделно изследване. В този параграф ще се спра бегло само на някои ключови идеи, изиграли определена историческа роля за появата на нови направления в научното и в художественото творчество.

Както справедливо отбелязва Карл Сейгън, в античността идеята, че е възможно да съществуват светове, подобни на земния и разпрострени върху други планети, е била непозната. Бих добавил, че това е така и поради обстоятелството, че древните наблюдатели на небосклона не са правили разлика между звезда и планета. Но К. Сейгън има предвид разбирането в онези отколешни времена, че самите подвижни светила – планетите – са интелигентни същества. Планетата Марс се е възприемала като бог на войната, Венера – като богиня на красотата, а Юпитер като крал на боговете³.

„В ранно Римското време малко писатели, например Лукиан от Самасота, са си представляли, че поне Луната е място, което е населено като Земята. Неговата неучно-фантастична история, описваща пътешествие до Луната, била наречена „Истинска история“. Тя е била, разбира се, лъжовна“⁴.

Както е видно, тук под свят се разбира не цялата вселена, а такава част от космоса, която прилича на обляната от слънчева светлина Земя, приютила върху себе си разнобразни живи твари. Но идеята за множественост на световете се отстоява по един последователен и рационален начин за първи път от Джордано Бруно. Такава „еретична“ идея не е могла да бъде понесена от църковната институция. На 17 февруари (стар стил) 1600 година този свободомислещ италиански учен и философ е изгорен на клада на един от Римските площици. Шест години преди това обаче, преместил се в Лондон поради конфликтни спорове с Оксфордските схоласти, Джордано Бруно написва знаменития си труд „За безкрайността, вселената и световете“, който представя неговата космология. Според нея вселената е безмерна и безкрайна и е съставена от множество светове, подобни на нашия земен свят. Те са организирани около светила, подобни на нашето Слънце, което е само една от неизброимите звезди, обсипващи нощното небе. Така Бруно отхвър-

ля основаната върху дълготрайни убеждения картина на вселената, разграничаваща земния, тленен човешки свят от съвършенния небесен свят, поддържана от авторитета на църквата.

Днешните астрономи и космологи никак „консенсусно“ почетоха паметта на Джордано Бруно, като наименуваха на него един от своите принципи, съдържащ част от новото знание за вселената. „Принципът на Бруно“ кодира тезата за еквивалентността на различните места във видимата вселена. Посланието на принципа е, че в нея отсъства превилигировано място, което да се възприема като център на вселената. Където и в нея да се намира един наблюдател, пред него ще се открие една и съща картина в голям машаб. Картината на една разширяваща се вселена, чийто галактични купове се отдалечават толкова по-бързо едни от други, колкото е по-голямо разстояние между тях.

Схващането на Джордано Бруно за множествеността на световете разпали впоследствие въображението както на писателите фантасти, така и на някои известни учени. И сред художествените и сред научните среди това въображение изкръстализира в две противоположни представи за природата на извънземните същества, населяващи хипотетичните светове. Разбираемата човешка предпазливост пред неизвестните наерения на всеки чужденец, още повече пред Чужденца с не-човешко лица, прерастна у някои автори в страх от погибел. Емблематичен в това отношение е случаят с излъчената през 1938 година в САЩ радиопиеса по романа на Хърбърт Уелс „*Войната на световете*“. „Стотици хиляди радиослушатели напуснаха своите домове и се втурнаха на улицата, едни – за да посрещнат марсианците, други – за да избягат от ордата на марсианските завоеватели, която, по съобщението на Уелъс (режисьора на пьесата – А. С.), наближавала Ню Джърси“⁵. Но не всички писатели фантасти представят на читателя отрицателен образ – както „вътрешен“, изявяващ непоколебима агресивност, така и „външен“, надарен с чудовищен изглед на обитателите на извънземните светове. Автор като Артър Кларк например намеква в романите си за неагресивност и загриженост към човешката раса на ненатрапчиви инопланетяни, изпреварили я в научно и техническо отношение. Като че ли отблъскващият образ се превърна в патент на Холивудските филмови продукции.

Изглежда, че учените са разделени по същия признак. За Е. Хюиш например, „би било чисто безумие да се стремим да разкрием собственото си инкогнито да се изложим на показ и да привлечем към себе си всиманието на същества, за които не знаем нищо друго освен това, че, по всяка вероятност, те са помогъщи, по-умни и по-развити от нас“⁶. Ако е така обаче, може да се попита, струва ли си да се самозалъгваме, че обитаваме инкогнито третата планета около Слънцето, щом един високо развит интелект би могъл лесно да ни открие от дълбините на космоса и без да пращаме случайни радиосигнали към

него? Ако такъв интелект съществува и вече ни е открил, той – поне видимо – не ни е навредил. Воден вероятно от подобни съображения. Г. Наан твърди, че не трябва да се страхуваме от „космичните същества“⁷.

Концепция за други възможни светове, различни от този, който обитаваме, принадлежи на гениалното перо на Лайбниц. Тази концепция е различна от схващането на Бруно, защото има различно от неговото теоретично осмисляне. Последното е центрирано върху претенцията, че нашият свят е най-добрият от всички възможни светове. В този контекст понятията за свят и вселена се припокриват, защото Бог е сътворил целия свят, като го е изbral по съвършен начин от всички други възможни светове. Сарказмът на Волтер във връзка с моралните иззмерения на тази претенция избликва в едноименната повест за патилата на Кандид. Така или иначе обаче, концепцията на Лайбниц стимулира впоследствие нестихващи дискусии в значими научни, философски и богословски сфери, някои от които родиха интересни творчески резултати. Такива са например едни от най-интересните семантики в областта на модалната логика – релационните семантики на Крипке. Начините на интерпретиране на възможно истинните и на необходимо истинните твърдения в тях по всеобщо признание са вдъхновени от концепцията на Лайбниц.

Предполагам, че тезата за най-добрия от всички възможни светове е стояла като пределна опора на веруюто на Алберт Айнщайн за хармонията на вселената, потенциално доводима от познаващия човек чрез красотата на фундаменталните й закони. Не ми е известно самият Айнщайн да е заявявал това, както например уважението си към Кант. (Но по всяко изглежда е прегърнал внушението за „предустановената хармония“, както проличава от едно позоваване на Лайбниц, приведено в края на параграфа.) Основание за такова предположение може да се открие в следния коментар от Уайнбърг:

„Айнщайн споделил веднъж със своя асистент Ернст Шраус, че ‘това, което наистина ме интересува, е дали Бог е имал избор при създаването на света’. По друг повод той описал целта на начинанието на физиката като ‘не само да се познае каква е природата и как сделките й се осъществяват, но също да се постигне, доколкото е възможно, утопичната и видимо арогантната цел да се узнае защо природата е такава, а не другояче ... От това човек чувства, така да се каже, че самият Бог не би могъл да нареди тези връзки по някакъв друг начин, освен по този, който фактически съществува ... Това е Прометеевският елемент на научното преживяване ... Тук е била винаги за мен особената магия на научното усилие’. Айнщайновата религия беше толкова неопределена, че аз подозирал, че той е имал това предвид метафорично, както се подсказва от неговото ‘така да се каже’“⁸.

Мисля, че нтуицията на Стивън Уайнбърг тук го подвежда. Айнщайн използва метафори, но не е „метафоричен“ по отношение на вярата си в хармоничното устройство на света. Ето един от изразите на тази му вяра:

„При всяко съществено придвижване напред физикът открива, че фундаменталните закони все повече и повече се опростяват, според както се развиват експерименталните изследвания. Той се удивлява, когато забелязва, колко строен порядък възниква от онова, което преди се е привиждало като хаос. Не бива да се смята, че този порядък е свързан с работата на неговия собствен интелект; той е обусловен от едно свойство, присъщо на света на възприятията. Лайбниц удачно е нарекъл това свойство ‘изначална хармония’“⁹.

3. Съвременни класически идеи за множественост на световете

Съвременните класически идеи за наличието на много светове се коренят в космологични схващания, почиващи върху онтологията на общата теория на относителността, и не повлияни съществено от споменатата още в увода квантовомеханична интерпретация за многото светове. Прилагателното „*классически*“ тук не е съвсем на място, доколкото странните за класическата наука следствия от общата относителност едва ли биха могли да се определят като класически. Използвам го само, за да различа коментираните тук идеи от онези за квантовите истории на Вселената и много световата интерпретация на квантовата теория.

Колективната човешка памет съхранява от векове вълшебни приказки и легенди за входове към други светове. Народното творчество се е възползвало от алегорията за „горни“ и „долни“ земи, въплъщаващи въжделения за избавление, за по-добър и справедлив начин на живот, или за наказание на зломисленици и злотворци. Съвременната научна фантастика загърби приказните алегории и потърси входовете към алтернативни светове и паралелни вселени чрез експлоатирането на една от абстракциите на теорията на относителността, позволяща да си представяме проходи в тъканта на пространство-времето. Те придобиха популярност под названието „червоядни“, понеже наподобяват нагледно черевите дупки в проядена стара дървена конструкция. Такава червоядина би могла да свързва отдалечени пространства – нещепва ни научното въображение – а защо не и цели две вселени, подобни на нашата? Мичио Каку натрапва тази идея чрез едно люботипно сравнение:

„Ако си припомним метафората на Шекспир за света като сцена, то общата теория на относителността позволява съществуването на врати – трапове. Но ще открием, че вместо към мазето те водят към паралелни сцени, подобни на първоначалната. Представете си, че сцената на живота се състои от множество сцени, разположени една под друга. На всяка от тях актьорите казват своите реплики и се разхождат напред-назад уверени, че тяхната е единствената, в пълно неведение за съществуването на алтернативните реалности. И ако някой ден случайно паднат през някая от вратите на пода, ще се озоват на съвсем друга сцена с нови закони, нови правила и нов сценарий“¹⁰.

Най-често кандидат за врата към непознат свят е такава пространствено-

времева червоядина, започваща от черна дупка. Това е така, защото началото на тесния проход – фуниеобразната топология на пространството – е налична в готов вид и не се налага на любопитният астронавт да прилага (още неизвестни на науката) астроинженерни дейности за нейното изграждане. Така или иначе обаче, се предполага, че червоядината завършва с втори фуниеобразен отвор, отвеждащ към друг космически свят. Карл Сейгън например, на редица места в „Космическата връзка“, изказва предположението, че:

„Черните дупки могат да са проходи към другаде. Някои смятат, че ако се гмурнем в черна дупка, може би ще се появим на друго място във вселената и в друга епоха ... Може би черните дупки са входове към страни на чудесата. Но дали те имат своите Алиси или бели зайци?“¹¹.

Твърдението, че можем да се озовем не само в далечен странен свят, но и „в друга епоха“ ми подсказва уточнението, че пространствено-времевата червоядина се хипотезира, ако не като пряка врата към друга вселена, то „поне“ като естествена машина на времето. Това е възможно, защото Айнщайновата теория постановява дълбинна онтологична връзка между пространството и времето, като конституира чрез тях единен пространствено-времеви континуум. Човек пребивава, и досега винаги е пребивавал в него, оставил се да пътешества по течението на собственото си времепреживяване и в границите на собствения си исторически протяжен сегмент, наричан от релативистите четиримерна мирова линия, или по-точно светови канал в пространство-времето. Но човек би могъл да дръзне да изпробва и други, засега изглеждащи забранени, пътища във физическия многоизмерен континуум. Доколкото той има кривини, дотолкова човек би могъл да съкращава пътя си, промушвайки се „напряко“ през тях. Именно червоядините са „техническият“ способ за това. Но тъй като те са изградени и от време, а не само от пространство, то човек значи, пътувайки през тях, ще пътува и през времето.

Да оставим оттук нататък полета на въображението на писателите фантасти. Не защото този полет е чужд на научните спекулации досежно пътешествия във времето, а поради неизяснената възможност за тяхната реална осъществимост. Първата пречка, която се натрапва, ако предполагаме, както се изразява К. Сейгън, „гмурване в черна дупка“, е физическото оцеляване на пътешественика през времето и пространството. Приливните сили след преминаване на така наречения хоризонт на събитията, когато връщането назад става практически невъзможно, бързо ще разтегнат и ще разрушат космическия кораб заедно с телесната материя на самия пътешественик. Ако пък забравим за този ефект на черните дупки или използваме друг тип прехождане по времето, изникват други препятствия. Най-важното от тях е необходимостта от контролирано внасяне на отрицателна плътност на енергията, за да се укрепи вътрешността на червоядината, или на такава машина на времето, изградена върху времева примка. Квантовите флуктуации сервират

други неизвестности. Затова, след обсъждането на различни принципни възможности за пътуване по времето, Стивън Хокинг заключава с мъдра примирено: „Това е въпрос, който физиците трябва да са свободни да обсъждат, без да им се присмиват презрително. Дори ако се окаже, че пътуването във времето е невъзможно, важно е да разберем защо“¹².

Самото пътуване по времето – казвам „по“ или „през“ времето, защото човек е във времето като битийна положеност – е своеобразно попадане в друг свят. Светът на нашето минало или бъдеще. Днешните теоретични спекулации позволяват да си помисляме онтологични парадокси като известния „парадокс на бабата“, или парадокса за завърналия се на Земята астронавт минути пред собствения си старт, и който би могъл да взриви космическия кораб, с който е извършил вече своето пътешествие ... Може би на човек просто не е дадено да пътува по времето, за да не се възползва по неблагоразумен начин от дарената му иначе в неограничена мяра свобода и да не провокира битието по начин, несъобразен със собственото му биване в него.

Друга любопитна идея, която допуска съществуването на много вселени, изолирани и несвързани с наблюдалемата вселена, черпи вдъхновение от космологичното теоретизиране за протичащите процеси след събуждането на вселенската сингуларност при така наречения голям взрив. Стандартният модел на големия взрив беше последван от инфлационния модел на Алън Гът, подобрен впоследствие от теоретичните приноси на Андрей Линде (от института „Лебедев“ в Москва) и на Пол Стайнхард и андреас Албрехт (от Пенсилванския университет). Подобрението придоби известност като „нов инфлационен модел“. Този модел за историята на вселената допуска възможността за поява на не една, а на множество други вселени посредством процес, аналогичен на образуването на мехури в кипяща вода и на възникване на едни мехури от други.

„Основната идея се гради на следната възможност“ – пише Брайан Грийн. „Представете си, че това, което наричаме „вселената“, всъщност е само една малка част от значително по-голям космологичен простор, само един остров от грамаден брой вселени, разпръснати из огромен космологичен архипелаг ... Линде намира, че краткият, но извънредно важен изблик на инфлационно разширение може да не е било единствено, уникално събитие. Вместо това, смята той, условия за инфлационно разширение може да възникнат отново и отново в изолирани области из космоса, като тогава те претърпяват собствено инфлационно раздуване и се превръщат в нови, отделни вселени ... Терминологията става малко тромава, но нека следваме възприетото и наричаме това невероятно разширено схващане за вселената мултивселена, като всяка от съставните ѝ части се нарича вселена“¹³.

Инфлационното пълкуване на вселените в мултивселенския „космологичен простор“ е процес, чието разбиране предполага специализирани знание-

ви „простори“. Приведох мислите на Б. Грийн поради две съображения. Едното е чисто терминологично, защото се въвежда представата за много вселени, обхванати от нещо по-голямо, за което е предложена думата „мултивселена“. Въвеждането на тази могъща абстракция – изразявана често и чрез термина „мултилена“, като по-кратък и точен аналог на „вселена“ – е ключово за тази работа. Второто съображение е свързано с несвързаността на предполагаемите вселени в мултивселената. Ако ги има, те са вече толкова отделени от нашия свят, че светлинните послания от тях не са имали възможност да заявят за тяхното съществуване. Дали някога човек би могъл да се докосне до тях? Не знам отговора на този въпрос, но знам, че тяхното идейно полагане е следствие от стремежа за достигане на едно човешко обяснение защо нашата вселена е такава, а не друга, както видяхме да се терзае великият Айнщайн. Защо другите вселени биха могли да бъдат различни от нашата, така че да не могат да бъдат люлки на съзнанието. А ако могат – на какво „съзнание“?

Най-известният учен понастоящем – Стивън Хокинг, едва ли се главоболи с такова питане. „Моето лично мнение е“ – казва той, „че новият инфлационен модел е вече мъртъв като научна теория, макар че доста хора, изглежда, не са чули за изоставянето му и продължават да пишат за него сякаш още е жизнен“¹⁴.

Дори и да е така, обаче, идеята за мултилена (multiverse), макар и радваща се на различно внимание от шестдесетте години на миналия век насам, не само не е изоставена, а през последните години става „още по жизнена“.

4. Общо представяне на квантовото схващане за многото светове

Причините за последното твърдение на предходния параграф са различни, като всяка една от тях си има своите привърженици. За част от съвременните физици и философи, идеята за пакетирани в мултилена паралелни вселени е просто една от утвърждаващите се напоследък интерпретации на квантовата теория, известна като интерпретация на многото светове или, накратко, много светова интерпретация (виж параграф 1). Други автори не се съмняват, че мултилената е израз на автентичната, макар и пряко неосезаема физическа реалност, стеснявана съвсем доскоро от класическото разбиране за света в обсега на една единствена вселена – възприеманата от човека вселена. В този смисъл Дейвид Дойч непоколебимо постановява: „Квантова теория за паралелните вселени не е проблемът, тя е решението“¹⁵.

Според други мислители, като Фред Алън Улф например, нашумелите спорове относно ролята на съзнанието при наблюденията върху физичните системи не биха могли да се разрешат по същество без идеята за паралелни вселени¹⁶. Нещо повече, тази идея помага за осмислянето на характерните за днешния начин на живот типични психични заболявания като много-

личностово разстройство и шизофрения¹⁷. Не е оставен настрана и практическият аспект на интерпретацията на многото светове. Както отбелязва М. Бушев, „интересът към тази интерпретация непрестанно нараства поради възникването на приложното направление, наречено квантова информатика (включваща квантова криптография, квантова телепортация и квантови компютри)“¹⁸.

Повечето днешни привърженици на интерпретацията на многото светове споделят едновременно всички отбелязани съображения. Не можех да открия по-интригуващо представяне нараглежданата интерпретация от любопитния разказ на Макс Тегмарк – учен от Пенсилванския университет:

„Представете си следната картина. Безупречно чиста лаборатория, в която няма нищо освен млада жена, облечена в снежнобяла престишка, възрастен мъж и картечница, поставена в средата на пода. Жената стои пред контролен пулт, а показалецът ѝ потрепва над червения бутон. Мъжът, който полага максимални усилия да запази самоблаждане, повдига от време на време ръка, за да попие потта, избиваща непрекъснато по челото му.

Картечницата е заредена и свързана с пулта така, че всеки път, когато трябва да стреля, тя или стреля или засича. Във втория случай просто прещраква с глух звук. Единствено случайността решава дали оръжието ще засече. Все едно подхвърляте монета във въздуха – ези или тура?

„Добре, готов съм“ – казва накрая мъжът и пристъпва в обсега на картечницата. Жената се поколебава. „Хайде, давай! – подканя я той. – Нали вече се съгласихме по този въпрос! Аз съм стар. Нямам какво да губя“.

Жената прехапва устни. Свела поглед, тя натиска червения бутон.

От гледна точка на жената:

Щрак.

От гледна точка на мъжа:

Щрак.

От гледна точка на жената:

Щрак.

От гледна точка на мъжа:

Щрак.

От гледна точка на жената:

Бум! Тя изпицява и се втурва към мъжа, който лежи на пода, облян в кръв.

От гледна точка на мъжа:

Щрак. Щрак. И пак щрак. Още десет глухи прещраквания. Тридесет. Накрая след стотното прещракване, мъжът пристъпва извън обсега на картечницата. Усмихнат, той прегръща изпълнената си с облекчение асистентка. „Виждаш ли?! Теорията ми е вярна! – възклика той. – Аз съм безсмъртен“!

Как е? Объркани ли сте? И така трябва да бъде. В крайна сметка, от

гледна точка на жената мъжът бе убит след две неуспешни прищраквания. Докато от гледна точка на мъжа той чува стотното глухо прищракване и излиза от обсега на обстрела на картечницата без драскотина. Как е възможно човекът да бъде едновременно и убит и жив?!

На този въпрос съществува само един възможен отговор – ако реалностите са повече от една!

Да предположим, че всеки път, когато картечницата трябва да изстреля куршум, тя едновременно и стреля, и не стреля. С други думи, Вселената се разцепва на две напълно отделни реалности – едната, в която жената вижда как мъжът пада застрелян на земята, и другата, в която тя вижда идентичната версия на мъжа, в която той оцелява. Следващият път, когато картечницата отново трябва да стреля, тя пак произвежда и не произвежда изстрел. Тогава Вселената се разцепва на още две реалности, с още две версии на жената и на мъжа. И така нататък¹⁹.

Спасението на мъжа в един от възможните паралелни светове, в който картечницата засича сто пъти по ред, е толкова фантастично, че човек сякаш забравя да се удиви на лошото качество на едно скъпо струващо оръжие, замаян от колосалното разточителство на реалности, изпълвачи разклоняващите се вселени. Същественият момент, както се вижда, е в допускането, че всяка от разклоняващите се вселени съдържа по едно добре определено събитие. В една от тях убеденият в теорията си учен е жив, в друга е прострелян. Като че ли наистина, както казва М. Тегмарк, „*когато картечницата трябва да изстреля куршум, тя едновременно и стреля, и не стреля*“.

Тук просветеният читател сигурно ще се досети за парадокса с котката на Шрьодингер, която предивава в странна суперпозиция от състояния на жива и мъртва котка. Ще припомня този парадокс в следващия параграф, но още тук може да се каже, че, по всичко изглежда, интерпретацията на многото светове, въпреки цялата си странност, е хипотеза, която стои по-близо до човешкото осмисляне на две некласически алтернативи. Едната постулира едновременното съжителство на несъвместими събития, като странна комбинация от жива и нежива – но не и полужива – котка, или едновременно възпроизвеждане и не възпроизвеждане на изстрел по посока на авантюристичния учен. Другата алтернатива – тази на разклоняващите се вселени, ни спестява поне усилието да си мислим съвместяването на взаимно изключващи се събития, изграждащи една единна реалност, за сметка на размножаването на самата реалност.

5. Как и защо се ражда интерпретацията на многото светове

Поводът да говоря тук за интерпретацията на многото светове е не фактът, че тя е някакво ново концептуално откровение. Поводът е нейното триумфално завръщане от забвение, цял половин век след нейното издигане.

Интересното в този случай е не самото променливо отношение към разглежданата интерпретация, доколкото подобна съдба имат и други идеи, допринесли впоследствие за прогреса на човешкото познание. Но ако тази съдба те са споделяли, защото тяхното историческо раждане е било не навременно в мисловния контекст на възприемащите общности (например идеята за атомите на материята или за хелиоцентричната система), то за съдбата на много световата интерпретация има друга причина. Причината е тривидна, но мъчно преодолима – наличието на вече наложила се интерпретация на квантовата механика. Това е известната Копенхагенска, наричана още ортодоксална интерпретация, почиваща върху широко признатия авторитет на Нилс Бор. Може да се каже, че до края на осемдесетте години на миналия век алтернативните и особено реалистките интерпретации на квантовата теория нямаха културна почва под себе си, за да избутят под дебелата сянка на Боровата философия на допълнителността.

Не е тук мястото да представям и да коментирам Копенхагенската интерпретация, с изключение на две нейни характеристики, без които по-нататъшното ми изложение е невъзможно. Първата характеристика е нейната феноменалистка и инструменталистка същност, а втората ѝ особеност е отсъствието на обяснятелен мост между двата концептуални стълба на квантовата теория – еволюцията на квантовите системи във времето, представяна чрез прочутото уравнение на Шрьодингер, и разбирането на квантовото измерване чрез внезапната редукция на функцията на състоянието на квантовите обекти, от безкрайно много възможности до една единствена възможност, оществявана в самия акт на наблюдение върху тези обекти.

Едва ли бих могъл да бъда упрекнат днес в критика на Копенхагенската интерпретация със задва дата, когато много от съвременните мислители с утвърдена научна репутация говорят за изгубено за философски размишления време в периода на нейното дълголетно господство²⁰. Нееднократно съм посочва нейните методологични недостатъци и съм заставал зад алтернативен интерпретативен подход²¹. Не защото ортодоксалният възгled на Н. Бор е лишен от исторически иконцептуални основания, а защото се превърна в задържащ фактор за конструктивното теоретизиране относно природата на микро-света. Днес, по всичко изглежда, интелектуалната атмосфера е вече променена, като верноподаничеството²² към ортодоксалната интерпретация е притъпено. Вместо това се увеличават привържениците на теорията за номогото светове²³.

Парадоксът с котката на Шрьодингер е твърде удобно начало за вникване в основанията на теорията за многото светове, или за разклоняващите се вселени. Нека си представим четирилогото животно поставено в добре изолиран контейнер, където е монтирано устройство, което може да я убие – например капсула с цианид. Капсулата се счупва веднага след настъпването на някакъв

квантов процес – например след разпадането на радиоактивен атом. Тъй като състоянието на атома е суперпозиция, т.е. линейна комбинация от разпаднало се и не разпаднало се ядро, то за един външен наблюдател състоянието на бедната котка ще бъда също така едно съчетание между жива и мъртва котка. Във всеки момент обаче, в който наблюдалят надникне в контейнера, той ще види, че котката е или жива или мъртва. Това означава, че в акта на наблюдението тя излиза мигновено от своето състояние на суперпозиция от жива и мъртва котка. Но ако според законите на микро-света суперпозиционните състояния на неговите жители са начин на естественото им пребиваване, то как е възможно едно достатъчно голямо нещо като котката, която стои извън квантовата реалност, да се намира едновременно в две несъвместими състояния, да бъде по едно и също време и жива и мъртва?

„Допускаме ли наистина, че нещата стоят така?“ – пита се Роджър Пенроуз. „Самият Шрьодингер отговаря отрицателно на този въпрос. Той твърди, че квантовата процедура U (еволюционно описание на състоянието чрез Шрьодингеровото уравнение – А. С.) не трябва да се прилага към такова голямо и сложно нещо, каквото е котката. Нещо лошо трябва да се е случило с уравнението на Шрьодингер в хода на разсъжденията. Разбира се, Шрьодингер има право да разсъждава така за собственото си уравнение, но това едва ли се отнася за останалите от нас! Много (а може би – всички) физици биха подкрепили тезата, че – обратно – след като са натрупани толкова много експериментални факти в подкрепа на U и няма такива, които да я опровергават, нямаме право да отричаме такъв вид еволюция – даже и при мащабите на котка“²⁴.

Ето го парадоксът на Шрьодингер – един определено „човешки“ парадокс, опрян на разноречивите подсказвания на интуицията. От една страна стоят създателите на квантовата теория като Нилс Бор и Ервин Шрьодингер, които са убедени, че необичайните квантови закони са неприложими към непосредствено заобикалящия ни свят. А и няма как да бъде другояче – нали никой (освен може би твърде пияните хора и шизофрениците) не съзира заобикалящите го вещи да се намират едновременно в различни положения? От друга страна стои убеждението на повечето съвременни теоретици – свидетели на осемдесетгодишната твърде успешна експериментална и приложна подкрепа на квантовата теория.

Парадоксът на Шрьодингеровата котка, обаче, сервира две сериозни затруднения пред Копенхагенската интерпретация на квантовата механика. Ако някога великият Айнщайн, попитан какъв е аргументът му за непълнотата на квантовата механика, посочва шаговито своето кутре, то и мнението на Бор, че квантовите закономерности стоят извън периметъра на макро-света, почива върху шепота на собствената му интуиция. (Мога да кажа, че в определен смисъл интуицията и на двамата не е подвеждаща. Но уточняването на

това твърдение би ме отвело за дълго встриани от интересуващата ме тема.)

Второто затруднение проличава ясно при една разгърната версия на Мисления експеримент с котката на Шрьодингер. Нека сега наред с котката помолим в контейнера да се настани добре екипиран за случая наблюдател, а негов колега да бди извън изолираното съоръжение. В този случай обаче се оказва, че реалността за двамата наблюдователи се различава в зависимост от осъзнаваното им съприкосновение с нея.

„Ако приемем това, излиза, че стигаме до много субективно разбиране за физическата реалност. За външния наблюдател котката е наистина линейна комбинация между състояние на живот и състояние на смърт и само след отварянето на контейнера векторът на състоянието на котката ще премине скокообразно в едното от тях. От друга страна, за наблюдател (подходящо защищен) вътре в контейнера векторът на състоянието на котката ще е направил прохода много по-рано и линейната комбинация

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2\{|смърт\rangle + |живот\rangle\}}}$$

на външния наблюдател няма никакъв смисъл. В крайна сметка оказва се, че векторът на състоянието е ‘само в мисълта’²⁵ !

Подтикван от подобни затруднения, през 1957-ма година в своята докторска диссертация Хю Евърет III предлага теорията за паралелните вселени в качеството ѝ на нова интерпретация на квантовата механика, прераснала впоследствие, след приносите на Брайс де Вит и други теоретици, в нова теория за структурата на реалността.

Идейният подтик на Хю Евърет е лесен за разбиране на фона на отбелязаните две отлики на Копенхагенската интерпретация – нейният феноменалистко-операционен характер (определенето на едно свойство означава неговото наблюдение) и липсата на разбираема връзка между еволюционното описание на вектора на състоянието на една квантова система и мигновено-то актуализиране на една единственна негова възможност в наблюдението, наричано редукция или колапс на вектора на състоянието. Ако се върнем към многострадалната котка на Шрьодингер ще видим, че в светлината на тези особенности на ортодоксалната интерпретация не можем принципно да познаваме като външни наблюдатели какво е действителното състояние на котката, нито, дори като вътрешни наблюдатели, да обясним старният колапс на вълновия вектор (на вълновата функция на суперпозиционното състояние). Той трябва да се приема просто като факт, съпровождащ всяко наблюдение върху каквато и да е квантова система. Евърет решава да се раздели с тези две положения. Според него квантовите възможности не се намират в призрачния свят на суперпозициите, а всяка една от тях има еднаква реал-

ност заедно с всички останали, защото е внедрена в своя собственна вселена, в която тази, а не някая друга възможност се случва. Така има вселени както с жива, така и с мъртва котка, а не една единственна вселена, в която бедното животно обладава шизофренично поведение. Не ще и дума, в теорията на Евърет за многото светове отпадат всякакви питания за същността и механизма на редукцията на квантовомеханичните състояния, защото всички техни възможности се изтръгват от статуса си на потенциални реалности в Копенхагенското им разбиране, и се актуализират Като действителни събития от паралелни реални вселени. За да се избави от странните суперпозиции от типа на жива-умряла котка, Евърет издига теорията, че квантовомеханичният индетерминизъм произвежда цяло многообразие от реалности. Всеки път, когато се наблюдава някакво квантово явление това многообразие се разцепва на толкова много нови светове, колкото са теоретичните възможности за различни изходи от наблюдението. С други думи, автентичната физическа реалност се възприема не като една единственна вселена с раждащи се и умиращи квантови възможности и необясними редукции, а като една дървовидно разклоняваща се мултилена, съставена от клоновете и вейките на множество вселени. В тях се осъществяват всички отделни възможности, които не противоречат на природните закони. Нека погледнем към едно разяснение в този дух, поднесено чрез свежото перо на Брайън Грийн:

„Един друг подход, изложен през 1957 година от студента на Уейлън Хю Евърет, изобщо отхвърля колапса на вълновата функция. Вместо това всеки потенциален изход, носен от вълновата функция, излиза на бял свят; само че този бял свят се развива в своя собствена вселена. В този подход, интерпретацията „много светове“, концепцията за „Вселената“ се разширява, за да обхваща безброй „паралелни вселени“ – безброй версии на нашата вселена – така че всичко, което квантовата механика предвижда, че може да се случи, дори и с минимална вероятност, се случва в поне едно от копията. Ако вълновата функция казва, че един електрон може да е тук, там и ей там, то в една вселена един ваш вариант ще го намери тук, в друга вселена друго ваше копие ще го намери там, а в трета вселена още един вие ще намери електрона ей там. По този начин последователността от наблюдения, която всеки от нас прави от една секунда към следващата, отразява реалността, която се случва в само една част от тази колосална, безкрайна мрежа от вселени, всяка от тях населена от копия на вас, на мен и на всички други живи хора в една вселена, където при определени наблюдения са получени определени резултати. В една такава вселена вие сега четете тези думи, в друга сте направили малка пауза, за да влезете в Интернет, в трета притеснено чакате да се вдигне завесата за дебюта ви на „Бродуей“. Все едно няма един-единствен блок от пространство-време ... а безкраен брой, като всеки осъществява един възможен развой на събитията. В подхода „много светове“ никой потенциален изход не

остава просто потенциален. Вълновите функции не колабират. Всеки потенциален изход се реализира в една от паралелните вселени“²⁶.

По мое мнение, теорията на Хю Евърет за многото светове загърбва антиреалистките версии на Копенхагенската интерпретация, но пък заплаща това с висока цена. Цената на свръхреализма.

6. Силни и слаби страни на теорията за паралелните вселени

Обезкуражаваща е днешната ситуация, че въпреки увеличаващия се брой привърженици, теорията за разклоняващата се мултилена фокусира към себе си както много положителни, така и пренебрежителни оценки. Сякаш се повтаря историята с противоречивите оценки на принципа на допълнителността на Н. Бор – възхваляван като интелектуално откровение на двадесети век от едни автори и изцяло отхвърлян като теоретично положение от други. Кои могат да бъдат причините за тази повтаряща се история? За да ги откроя, ще се опитам да огледам и да обсъдя както онези аспекти на теорията, които могат да се приемат за силни нейни страни, така и онези които изявяват определени недостатъци.

Обикновено авторите, които гледат скептично на теорията за паралелните вселени, отбелязват не една, а две различни причини за това. Първата е нейната теоретична недоизбиственост, а втората е нейната „разточителна“ онтология, привличаща неизброимо множество от реални вселени. Първият упрек, според мен, е колкото сериозен, толкова и неоснователен, тъй като дори и верен, може да се окаже преодолим. Вторият упрек се дължи на утвърдеността на обичайната представа за реалността като вместена в една единствена вселена, както и на естетически съображения. Той обаче няма тежестта на теоретична критика – нещо, което самите скептици отчитат по един или друг начин, независимо от лежерното си отношение както към концепцията за многото светове, така и към нейния автор. Думите на Питър Atkins са чудесен пример за такова отношение:

„Една от най-радикалните и затова, макар и не особено популярна сред учените, твърде примамлива за журналистите е несполучливо наименована интерпретация на многото светове, формулирана в доста неясен вид от заклетия пушач, любител на кадилаци и конструктор на нови оръжия мултимилионер Хю Евърет (1930-1982) в докторската му дисертация през 1957 година. Основната, недвусмислена и на пръв поглед безвредна идея в предложението на Евърет, което Бор послеша с презрение, е, че уравнението на Шрьодингер е универсално и определя промяната на вълновата функция в самия момент на взаимодействие между частицата и измервателния уред. Върху тази основа и възможните следствия някои хора с богата фантазия изграждат фантастични теории.“

Най-приемлива сред тях изглежда теорията, че всички вероятности, из-

разени с вълновата функция, се осъществяват (тоест котката е едновременно жива и мъртва), но тази реализация разделя Вселената на безброй паралелно съществуващи светове (един с мъртва котка и един с жива) всеки път, когато се извърши измерване или се определи дадено състояние. Взаимодействието на измервателния уред с мозъка на наблюдателя избира по кой път ще се развива Вселената – всяко наблюдение я разделя, затова съществуват безброй постоянно множащи се паралелни светове, в които мозъците са избрали различни пътища. Трудно е да си представим по-разточително обяснение, но тъй като отвращението не е критерий за научна проверка, някои хора го приемат сериозно²⁷.

Сега читателят може лесно да се убеди в справедливостта на предварителния ми коментар, че разумните скептици приемат, макар и с неприкрита неохота теорията на Евърет за многото светове, защото, както видяхме да се изразява Питър Аткинс, „отвращението не е критерий за научна проверка“. Закачките с човешките качества и личните пристрастия на Хю Евърет са за сметка на автора. Не поради дребно заяждане, а поради онтологичната чистота на изказа ще коригирам – иначе централната за теорията на Евърет теза – че „взаимодействието на измервателния уред с мозъка на наблюдателя избира по кой път ще се развива Вселената“, че „мозъците са избрали различни пътища“. Не бих препоръчал и на най-твърдоглавия наблюдател да си удря главата в измервателните уреди, макар че това е най-безопасният начин за взаимодействие между мозък и уред. Очевидно П. Аткинс има предвид не мозъка, а съзнанието на наблюдателя – тема, която е наистина сериозна и днес твърде актуална. Нещо повече, проблемът за ролята на съзнанието при квантовите измервания се радва на такова внимание, което кара някои автори да казват, че науката се намира днес пред „културологичен избор“. Последният е, ако не бягство от „Декартовия рай“ на западния тип мислене, то поне обогатяването му с постановки от Източната култура²⁸.

Това което тук ме интересува, е, че ролята на съзнанието е проблем не само за теорията на многото светове. Както видяхме, в ортодоксалната интерпретация на квантовата механика редукцията или колапсът на вълновата функция, която описва състоянието на квантовите обекти, просто се постулира на изхода от всяко едно наблюдение на някаква квантова величина. Тъкмо с тази неизбежна редукция – когато изчезва линейната комбинация от възможните чисти състояния на изследваната система и тя се сдобива само с едно от тях – някои теоретици свързват активната роля на съзнанието на наблюдателя. Проблем тук възниква не поради предположението, че един електрон например би могъл да придобие при някое взаимодействие определена посока на своя спин, която само да бъде констатирана впоследствие от любопитния експериментатор. Проблемът е в това, че (както се установи и при опитите на Алек Аспе по проверка на АПР-парадокса) в самия акт на

наблюдение се появяват квантови свойства (каквото е определената проекция на спина на електрона), каквите не са съществували преди наблюдението.

Този факт е твърде интересен, но мисля че не е достатъчен за да се стигне до заключението, че човешкото съзнание е активният агент за появата на квантовите величини или на реалните квантови състояния. Най-малкото може да се окаже, че не е единственият. В противен случай човек щеше да може да влияе – чрез съзнателно наблюдение – върху радиоактивния разпад на ядрата и да задържа пагубния ефект от сериозни аварии в ядрените електроцентрали.

Разглежданият проблем не изчезва, а се префасонира в рамките на теорията на Евърет за паралелните вселени. Безспорно предимство на тази теория е, че тя се разделя – и то в онтологичен аспект – с постулирания колапс на вълновата функция. При това, тя прави това по един реалистки начин, като одновременно съществува резултатите от всеки акт на наблюдение, чрез поставянето им в отделни вселени, в които те се случват. Така най-голямата заслуга на Евърет е, че той разсейва интерпретационната мъгла, надвиснала над потенциализираната квантова реалност, като извежда в актуалност референта на основното уравнение на квантовата теория – еволюционното уравнение на Шрьодингер. Това се урежда теоретично чрез разклоняването на мултилената на множество реални вселени. Така или иначе, то е отново зависимо от съзнанието и волята на наблюдалителя. Не в предишния смисъл на извличане на свойства из небитието, а в смисъл на „подтикване“ на мултилената към поредно разцепване и субстанциално уплътняване на всички възможни събития. Това е причината, изглежда. Роджър Пенроуз да сподели, че не е обезпокоен от онтологичната разточителност на теорията, а от неизяснеността на ролята на съзнанието:

„Наистина всяка алтернативна възможност съществува в рамките на някаква голяма линейна комбинация. Тази идея не е свързана с особена икономичност, но моите възражения към нея не са свързани с това (к.м.-А.С.). По-конкретно не разбирам защо едно съзнателно същество трябва да познава само „едната“ от алтернативите в дадена линейна комбинация. Кое свойство на съзнанието налага „непознаването“ на тази необикновена линейна комбинация от мъртва и жива котка? Според мен преди да се прави равносметка на тезата за множеството от светове и то да се сравнява с реални наблюдения, трябва да се създаде теория на съзнанието (к.м.-А.С.) ... Идеята за множеството светове поражда множество от собствени проблеми, без да се докосне до истинските гатанки на квантовите измервания“²⁹.

Че теорията за многото светове е съществува и от много собствени проблеми е оценка, която се споделя от различни автори. Аз бих разграничили тези проблеми на такива, които не засягат същността на теорията и на таки-

ва, които я засягат. Затова и в началото на този параграф отбелязах, че теоретичната недоизбиственост на предлаганото от Евърет схващане е колкото сериозна, толкова и неоснователна причина за преждевременна критика. Относно неоснователността имам предвид проблеми, които колкото и да изискват приемливо решение, не засягат идейната същност на предлаганата оригинална теория за паралелните вселени. Така например, според Мъри Гел-Ман Евърет и неговите последователи би трябвало да говорят не за „много светове“, а за „много алтернативни истории на Вселената“³⁰. Това би видоизменило теорията, защото квантовите истории на Вселената няма да са еднакво реални, а равностойно описвани от теорията, като имат различни вероятности. Такова изменение на теорията обаче, макар че отнема част от онтологичния ѝ чар, предлага, от своя страна, решение на проблема с въвеждането на вероятности за случването на различни събития в различните вселени. Ато те не са истории на единна Вселена, то изниква неяснота относно определянето на самото понятие за вероятност³¹. Другият път за излизане от този проблем, по мое мнение, е да се усложни онтологията на теорията за многото светове чрез въвеждане на концепт за степен на възможност съзнанието на наблюдалите да „притежава“ тази или онази еднакво реални в съществуването си вселени.

Според мен същностният проблем пред теорията за паралелните вселени е този за размножаването на съзнанието на самите наблюдатели, причиняващи разклоняването на мултилената. Ако личностната идентичност на наблюдателя се запазва в различните вселени – а това е условие, което се поддържа от адептите на теорията – то закономерно се ражда учудването на Р. Пенроуз: кое свойство на съзнанието налага „непознаването“ на ситуацията в останалите алтернативни вселени? На любопитния въпрос „кое от всички идентични копия съм аз самият“? Дейвид Дойч отговаря: аз съм всичките копия едновременно. Всяко от тях току-що си е задало същия въпрос. И ще стигне до същия и единствено верен отговор³². Но как е възможна идентичността на човешките копия, щом всяко едно от тях преживява различна ситуация като резултат от дадено наблюдение, която би могла да доведе впоследствие и до различно настаниване на личността в отделните светове. Не зная точния отговор на този въпрос, независимо от изтънчените уточнения на Д. Дойч в посочената книга.

Като достойнство на разглежданата теория се сочи понякога обстоятелството, че тя дава формално решение на споменатите примкови парадокси за пътуване назад по времето (виж параграф 3). Ще се възползвам от примера на Брайън Грийн за пътешествие в миналото на син, който намразва база си и решава да го убие още преди да се е запознал със собствената му майка:

„Когато пристигнете в 23:50 часа на 31 декември 1965 година, извадите оръжието си, прицелите се в баща си и дръпнете спусъка, пистолетът стреля

и вие улучвате целта. Но тъй като това не се е случило във вселената, от която сте тръгнали на своята одисея из времето, вашето пътуване е било не само през времето, но е било също и от една паралелна вселена в друга. Паралелната вселена, в която се намирате сега, е онази, в която вашите родители никога не се срещат – вселена, която интерпретацията „много светове“ ни уверява, че съществува (тъй като съществува всяка възможна вселена, непротиворечеща на законите на квантовата физика). Така че при този подход не се сблъскваме с логически парадокс, защото има различни варианти на даден момент, като всеки се намира в различна паралелна вселена ... Във вселената на началото на пътуването вашите родители се срещат на 31 декември 1965 година, вие се раждате, пораствате, намразвате баща си, започвате да се интересувате от пътешествия във времето се отправяте на пътуване към 31 декември 1965 година. Във вселената, в която пристигате, баща ви е убит на 31 декември 1965 година, преди да се запознае с майка ви, от въоръжен мъж, който твърди, че е неговият син от бъдещето. В тази вселена никога не се ражда вашата версия, но това не е проблем, тъй като онзи вие, който натиска спусъка, има родители. Просто те живеят в друга паралелна вселена. Дали някои в тази вселена вярва на вашата история, или всички смятат, че сте луд, не може да кажа. Но е ясно, че във всяка вселена – в напуснатата от вас и в онази, където пристигате – ние избъгваме противоречещи сами на себе си събития³³.

Съгласен съм с Б. Грийн, че теорията за паралелните вселени може да разреши парадокса за невъзможността на едно действие – убийството на собствения баща от сина му още преди да се е запознал с майка му – ако то се мисли във времевите предели на един единствен свят. Но тя не разрешава екзистенциалния проблем на младежа, доколкото този проблем едва ли се свежда до физическото убийство на един човек, който при това не се е превърнал още в мразената от сина личност на, да речем, деспотичния родител. В този смисъл, ако синът отива в затвора след отцеубийството и в двете вселени, то по-разбираемо би било да отнеме живота на ненавижданата от него личност, а не на невинен човек, т.е. обезсмисля се самото пътуване назад във времето. Изглежда това е цената на избягването на онтологическия парадокс.

Използвам примера на Б. Грийн като „парадигмален“, така че разсъжденията ми, макар и обвързани с неговата конкретика, са валидни за всички случаи на подобно пътуване с парадоксално намерение назад във времето, ако то има някакъв подтик, а не се ръководи от чист авантюризъм. Всеки спонтанен подтик за такова времево прехвърляне губи смисъл, защото пътешественикът изгубва собствения си свят, в който тъкмо този подтик се е родил. В другия свят той се оказва чужденец без минало, с неясни мотиви за своето действие (да си припомним примера с взривяването на космическия

кораб преди вече извършения полет) и с още по-неясно бъдеще. Избягването на едни парадокси води до други, запазващи волята за еднократна промяна, самоцелна и безсмислена за всички останали, освен за пришълеца от бъдещето на друга вселена.

Последните мисли ми подсказват да споделя няколко думи за свободата в контекста на теорията за многото светове. Над идеята за свобода си струва да мислим, не само заради ценността и цената на самата свобода за човека, а и поради натрупващи се теоретични пречки, усъмняващи ни в нейната възможност. Те извират от самата същност на блоковата вселена на теорията на относителността, в която актуалната наличност на пространство-времето предполага също и пълната определеност на човешките истории в света, като вместени в четириизмерния пространствен континуум. Но тогава се оказва, че свободата е само илюзия на съзнанието, пораждана от преживяването на потока на времето.

По всичко изглежда, че теорията за многото светове преодолява лесно този странен извод. В интересуващия ни случай досежно свободата на волята, фактът, водещ до разцепване на мултилената на две нови вселенски клони, е самият волеви акт на съзнанието. Представете си, казва Пол Дейвис, че ви е предоставена възможност да изберете една от две освежаващи напитки – чай или кафе. Независимо от това коя от тях ще предпочетете, според теорията на Евърет, вашият свободен избор веднага ще разслои вселената на две отделни разклонения: в едното от тях ще пиете чай, а в другото – кафе. Различните, реално осъществяващи се възможности, са въплъщение на не ограничаваната от нищо свобода. Теоретичната победа над блоковия възглед е постигната. Теоретичната победа над блоковия възглед е постигната.

„И все пак победата изглежда пиррова“ – попарва радостта ни Пол Дейвис. „Ако не можете да избегнете осъществяването на всички възможни избори, наистина ли сте свободни? Свободата изглежда прекалена, разрушена от собствения си успех. Вие искате да изберете чай или кафе, а не чай и кафе³⁴. .

Видяхме защо Роджър Пенроуз твърди, че преди да се прави равносметка на теорията за многото светове, трябва да се създаде теория на съзнанието. То обаче възприема света „тук и сега“, защото е потопено в потока на времето. „Изясняването на мистериозното времетечение“ – заявява Пол Дейвис – „би помогнало, повече от всичко друго, да се разнизи най-дълбоката от всички научни загадки – природата на собствено човешкия аз. Докато нямаме твърдо разбиране за потока на времето, или неоспорими доказателства, че той наистина е една илюзия, не ще знаем кои сме ние, или каква роля играем във великата космическа драма³⁵ .

Според мен проблемът за изграждане на теория на съзнанието и проблемът защо времето ни изглежда, че тече, са един и същи проблем.

Бележки

² Виж например **John D. Barrow and Frank J. Tipler**, *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Press, Oxford, New York, 1986, pp. 6, 8, 249, 472-489

³ **Carl Sagan**, *The Cosmic Connection. An Extraterrestrial Perspective*, Dell Publishing Co., Inc., New York, 1975, p. 191

⁴ Пак там.

⁵ **Д. Голдсмит, Т. Оуэн**, *Поиски жизни во вселенной*, Мир, Москва, 1983, с. 25

⁶ „Извънземните цивилизации – „да се крием ли“, или да отговорим!“, Хипотези, Общество, Човек, Земя и космос, Партиздат, София, 1981, с. 306

⁷ Пак там.

⁸ **Steven Weinberg**, *Dreams of a Final Theory. The Search for the Fundamental Laws of Nature*, Vintage Edition, 1993, p. 194

⁹ **Альберт Эинштейн**, *Собрание научных трудов*, т. 4, Изд. Наука, Москва, 1967, с. 154

¹⁰ **Мичио Каку**, *Паралелни светове*, ИК Бард ООД, 2006, с. 128

¹¹ **Carl Sagan**, *The Cosmic Connection*, 1973, pp. 248, 263-267

¹² Стивън Хокинг, Вселената в орехова черупка, Изд. Прометей – И.Л., София, 2002, с. 147

¹³ **Брайън Грийн**, *Елегантната вселена. Суперструни, скрити измерения и търсенето на окончателната теория*, Изд. Изток-Запад, София, 2004, с. 451-452

¹⁴ **Стивън Хокинг**, *Кратка история на времето. От големия взрив до черните дупки*, изд. Наука и изкуство, София, 1993, с. 133

¹⁵ **David Deutsch**, *The Fabric of Reality*, Penguin Books, 1997, p. 51

¹⁶ **Fred Alan Wolf**, *Parallel Universes. The Search for Other Worlds*, Simon and Schuster Paperbacks, New York, London, Toronto, Sydney, 1988, p. 21; За необходимостта да се отчita ролята на съзнанието при актуализирането на физическият свят в контекста на интерпретацията на многото светове виж също **Михаил Бушев**, *Науката пред културологичен избор*, Наука и познание, изд. Св. Иван Рилски, София, 2006, с. 27

¹⁷ **Fred Alan Wolf**, *Parallel Universes. The Search for Other Worlds*, Simon and Schuster Paperbacks, New York, London, Toronto, Sydney, 1988, p. 22-23

¹⁸

¹⁹ **Маркъс Чоун**, *Паралелната вселена. 12 умопомрачителни идеи от пограничните селения на науката*, НСМ Медия, София, 2004, с. 31-32

²⁰ Така например според Гел-Ман адекватното философско представяне на квантовата механика се е забавило поради това, че Нилс Бор внущи на цяло поколение теоретици да мислят, че то е отдавна постигнато. Виж **E. Squires**, *The Mystery of the Quantum World*, IOP Publ. Bristol, 1994, p. 180

²¹ **A. Anastassov, A. Stefanov**, *On the Interpretation of Quantum Mechanics: Complementary and Beyond*, In: Chr. Toegel (Hrsg.), *Struktur und Dynamik wissenschaftlicher Theorien*, Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main-Bern-New Youk, 1986

²² „Като че ли един религиозен канон беше предаден в наследство на последователите на Бор: ‘Онова, което не може да се види, не бива да се обсъжда’“. **F. A. Wolf**, *Parallel Universes, The Search for Other Worlds*, Simon and Schuster Paperbacks, New York, London, Toronto, Sydney, 1988, p. 49

²³ „През юли 1999 година, по време на конференцията по квантова теория, проведена в института „Исаак Нютон“ в Кеймбридж, Великобритания, Макс Тегмарк извършва неофициално проучване, за да провери коя от интерпретациите на квантовата теория е предпочитаната сред неговите колеги. Резултатът е доста изненадващ. „За първи път след повече от седемдесет години почти никой не се изказва в подкрепа на Копенхагенската интерпретация – казва Тегмарк. – Но най-изумителното от всичко бе, че основният претендент за първенстваща интерпретация бе тази за много го светове. Тя се оказа десет пъти по-популярна от всичко останало“. **М. Чоун**, *Паралелната вселена*, НСМ Медиа, София, 2004, с. 45-46

²⁴ **Роджър Пенроуз**, *Новият разум на царя. За компютрите, разума и законите на физиката*, Унив. изд. Св. Климент Охридски, София, 1998, с. 356

²⁵ Так там.

²⁶ **Брайън Грийн**, *Тъканта на космоса. Пространство, време и текстура на реалността*, Изд. Изток-Запад, София, 2005, с. 275-276

²⁷ **Питър Аткинс**, *Пръстът на Галилей*, изд. Захари Стоянов, София, 2005, с. 246-247

²⁸ Виж М. Бушев, Науката пред културологичен избор, Наука и познание, изд. Св. Иван Рилски, София, 2006, с. 21-26

²⁹ Р. Пенроуз, Новият разум на царя, Унив.изд., 1998, с. 360-361

³⁰ Виж Мъри Гел-Ман, Кваркът и ягуарът, Приключения в простото и в сложно-то, изд. Прометей – И.Л., София, 2006, с. 202-203

³¹ Виж Брайън Грийн, Тъканта на космоса, изд. Изток-Запад, София, 2005, с. 689, бел. 12

³² David Deutsch, *The Fabric of Reality*, Penguin Books, 1997, p. 279

³³ **Брайън Грийн**, *Тъканта на космоса*, изд. Изток-Запад, София, 2005, с. 600-601. Курсивът е авторски

³⁴ **Paul Davies**, *God and the New Physics*, Penguin Books, 1990, p. 141. Курсивът е авторски.

³⁵ **Paul Davies**, *About Time. Einstein's Unfinished Revolution*, Penguin Books, 1995, p. 278

ПРОФЕСОР ЕМАНУИЛ ИВАНОВ – ЖИВОТ И ДЕЙНОСТ

Иван Ганчев

*Значимостта на една личност за обществото
се определя от последствията
от нейната дейност*

Всеки ден са се раждали, раждат се и ще се раждат на Земята десетки хиляди деца. Така е било и на 30.01.1857 г. На тази дата в един от най-известни-те тогава на Балканския полуостров град – Свищов се ражда в къщата от фиг. 1 дете, кръстено Емануил. Коментари за тази къща и за казаното в това изрече-ние за известността на Свищов ще направя малко по-долу. Освен това, пре-ди да продължа с проследяването на отделни моменти от развитието на това дете, което за по-малко от 40 години става първият български професор по математика, ще си позволя да посоча 4 основни фактора, които според проуче-ни от мен източници, са се оказали определящи за това развитие. Те са:

1. Генетично заложени умствени способности по майчина и бащина линия.
2. Семейна среда, в която израства малкият Емануил.
3. Училищна среда.
4. Обществено-икономически условия в Свищов през XIX век

1. От малкото информация, с която разполагам за родителите на Еману-ил Иванов, ще отбележа следното:

Според неговия съвременник Ст. Лаф-чиев [3] „Майка му е била интелигентна же-на и извънредно пърга-ва домакиня, вземала е активно участие в ос-нованото в Свищов женско дружество. Във време на Освободител-ната война е била пред-седателка на току-що основаното в Свищов дружество „Червен кръст“, при изпълнени-



ето на която длъжност – обиколката и посещаванията на ранените и болни войници – тя става жертва на своето милосърдие и преданост да облекчава страданията на болни и ранени войници. Заразена е от коремен тиф и умира през ранната пролет на 1878 г. Погребана била като героиня върху особена скала над Дунава.“ За съжаление днес в Свищов не знаят къде е гробът ѝ. В това отношение свищовлии трябва да се поучат от гр. Бяла. Също по време на Руско-турската война в руската армия по свое желание се включва като милосърдна сестра любовницата Юлия Вревская на младия български революционер и патриот Николай Катранов. Той е починал още през 50-те години на XIX век от туберкулоза, но е този, който е прототип на Тургеневия герой Инсаров от романа „В навечерието“. Юлия Вревская също се заразява от коремен тиф и умира край Бяла. Обаче признателните граждани на Бяла не са я забравили и до днес. Има изграден неин паметник в центъра на града и тя е патрон на болницата в Бяла.

Бащата имал благ характер, бил трудолюбив и притежавал голяма работоспособност. Бил е един от видните търговци и се ползвал с обич и уважение от съгражданите си.

2. В семейството му и в семействата на роднините и съседите му основен поминък била търговията. По-големият му брат бил изпратен да следва в търговска академия, за да стане помощник на баща си. Средата, в която израства Емануил, е била с подчертано българско самосъзнание. Емануил Иванов е вуйчо на Алеко Константинов.

3. Във връзка с училищната среда ще си позволя да посоча повече факти, тъй като тя не само е малко позната в България, но и едва ли не – умишлено подценявана и изопачавана.

Малкият Емануил има щастието да учи в първото в България българско светско училище, основано от големия патриот и общественик Емануил Васкович през 1815 г. Че училището е българско и е основано през 1815 г. свидетелства първата страница на кондиката на училището, оригиналът на която се съхранява в библиотеката „Св. Св. Кирил и Методий“ в София.

Четвъртият фактор, изиграл важна роля в интелектуалното развитие на Емануил Иванов, са обществено-икономическите условия, създадени в Свищов след 1810 г. Един от елементите на тези условия е и създаването през 1815 г. училище, в което учи Емануил Иванов. То е построено с дарени от свищовски търговец Филип Сакелариевич парични средства през 1812 – 1814 г. Завърналите се от чужбина свищовлии, емигрирали преди 1810 г. при отстъпването на руската армия от Свищов, добили опит и връзки с търговци в чужбина, бързо съживяват икономиката на града. За това благоприятства и географското му положение. Той е най-южното българско пристанище и от него започва най-късият път от Дунава до Одрин и Цариград. По тази причина през първата половина на XIX век най-известният град на Балканския

полуостров след Цариград бил Свищов. Процъфтяващата търговия е причиня също и много родители да насочват децата си да се готвят за търговци. Такова било и желанието на бащата на Емануил Иванов. Затова след като той (Емануил) завършил четвъртия (последния) клас на Свищовското училище, бил оставен на работа в магазията на баща си.

Голяма част от бързо забогателите, но още непокварени от богатството си търговци, по примера на Филип Сакелариевич продължават да правят дарения за учебното дело в града повече от 100 години след това.

След направеното отклонение, свързано с посочените фактори, определили в значителна степен развитието на Емануил Иванов, да се върнем и да проследим конкретно това развитие.

За съжаление малко се знае за развитието му като ученик в началното училище и в главното училище в Свищов. Известен е обаче следният факт: Когато е бил ученик във II клас на главното училище, успявал да решава задачи, поставяни пред учениците от III клас. Това показва, че още тогава са се проявили негови математически способности и се е зародило желание да продължи образоването си в чужбина. Показател за това желание е и фактът, че извън училище самостоятелно усилено изучавал френски език.

Както вече отбелязахме по-горе, след завършването на последния клас на Свищовското главно училище, баща му го оставил на работа в магазията си. Твърде скоро обаче разбрал, че от сина му няма да стане търговец. Затова се съгласил Емануил да постъпи на работа в немската аптека в Свищов. От своя страна собственикът на аптеката бързо забелязал любовта на Емануил към математиката, затова го препоръчал на директора на френската инженерна компания, която по това време строяла шосета в Русенския вилаят и той го приема през 1974 г. за „стажант-инженер“, благодарение на познанията му по математика и френски език. През 1875 г. е изпратен в компанията в Цариград, където полага изпит за „кондуктор“ (помощник инженер, технически ръководител).

По време на Руско-турската война през 1877 г. Емануил Иванов успява да се добере до Свищов, който вече е заст от руските войски и в родната му къща е Главната квартира на руската армия, а в къщата на сестра му Тинка (майката на Алеко Константинов) е отседнал руският цар Александър II.

През 1977 г., 1978 г. и 1979 г. Емануил Иванов заема различни административни длъжности, но продължава да повишава математическите си знания като използва литература, изписана от Русия.

С малкото спестени от службата пари Иванов заминава за Мюнхен, дето се явява на зрелостен изпит, който полага с такъв успех, че професорът по математика му казал засмяно: „вие сте изучавали и университетски материали и знаете много повече от моите студенти“.

След това Иванов се записва студент по инженерство в политехниката и

след две години се явява на изпит; от приготвянето на чертежите, които отнемали много време, му дотегнало и той решава да се посвети всецяло на чистата математика, неговия любим предмет. Затова от учебната 1879/80 до края на учебната 1882/83 год. Иванов е бил редовен студент по математика и физика в Мюнхенската политехника, при която през октомври 1883 год. положил установения в Бавария държавен изпит за учител в средно учебно заведение.

Скромният и трудолюбив живот, който Иванов води като студент, съзнателната работа и добросъвестно отнасяне към неговите студентски задължения, карали стопаница на квартираната, в която живеел Иванов, често да казва на другарите му: „ето от този младеж ще излезе човек, защото вечер лампата постоянно свети в стаята му“.

След завършване на университетското си образование, Иванов се завръща в България и бива назначен на 20 октомври 1883 г. за второстепенен учител при Ломската реална гимназия, а на 1 април 1885 г. бил повишен в първостепенен учител при същата гимназия.

В Лом Иванов се проявява като отличен педагог, поради което бива преместен на работа в Министерство на народното просвещение. От 10 юни 1885 г. до 1 януари 1887 г. Иванов заема при министерството длъжността началник на отделението за държавните училища, а от 1 януари 1887 г. до март 1890 г. – длъжността главен инспектор по математика.

За мисли на Емануил Иванов, свързани с обучението по математика през периода 1887-1890 г., когато е главен инспектор, ще приведа спомени на неговия съвременник, математика Георги Николов, споделени през 1939 г. в [4].

„Ем. Иванов, в качеството си на инспектор при Министерството на народното просвещение и специален пратеник за ревизии в училищата, е имал възможност да се убеди, че учебното дело в методично отношение не е задоволително. „Учебният материал, разказваше той, беше доста добре усвоен, но някои понятия от елементарната математика не бяха добре разбрани, дефинициите бяха неточни; законите при действията над абсолютни числа, релативни числа и др. не се обясняваха методично на учениците. И аз бях принуден да повикам всеки учител насаме и да го упътвам. Това ми отнемаше много време и ме уморяваше, но ние трябваше да подгответим добри учители, за да поставим обучението в гимназиите по математика и физика на здрави основи. Пък и учителите бяха малко, та избор не можеше да става. Когато учителят се почувства подгoten, той обиква професията си, привързва се към нея и рядко се случва да я смени с друга. Такива учители се ценят от министерството, което, за да ги задържи, подобрява материалното им положение, като ги степенува и им дава по-добри места. Другите виждат това и се трудят, за да не станат излишни.“

Любовта му към учителската дейност и към обучението по математика, обаче не го напускат през целия му живот.

Освен това натрупаният учителски опит през годините 1883-1885 г. става солидна база за ориентиране при решаване на проблемите за съдържанието на подготовката на студентите – бъдещи уители по математика.

Тук ще си позволя да „дам“ думата на неговия съвременник Ст. Лафчиев [2].

„Пищещият тези редове, току-що назначен второстепенен учител при Сливенската гимназия, още в първата година на учителстването си, едва 5 месеца след почване да учителства, бях ревизиран като преподавател по математика от покойния Иванов при едни по-особени обстоятелства. Тогава той има удоволствието да се запознае с Иванова, да го прецени като педагог, учен и безпристрасен администратор и оттогава да стане негов добър другар и приятел през целия си живот, с когото често е споделял мисли, както по чисто педагогични въпроси, тъй и по развитието, закрепването дейността на Дружеството ни, изразена предимно в редактирането и издаването на списанието му, а също тъй и по уредбата на тогавашното висше училище.“

Изпълнението дължността началник на отделение, а особено дължността главен инспектор, дава възможност на Иванов при обиколката и ревизията на гимназиите да се убеди, колко голяма е липсата на добре подгответ учителски персонал и у него се заражда идеята да се откроят висши педагогически курсове и отделно Висше Училище в София, в които може да се подготви добър контингент учителски персонал, които да станат огнища на българската научна мисъл. Той си поставя за задача да постигне тази цел, за осъществяването на която работи неуморно, не само докато е сполучил; след това той вече работи и за развитието и усъвършенстването на нашето училище.

При разговор на тази тема, той с вдъхновение казваше: „Тук е бъдещето на България“.

Мисълта за откриване на Висше училище – храм на българската наука – не оставя Иванова на мира и той се предава изцяло за осъществяването ѝ. Той изучава най-грижливо уредбите и програмите на европейските висши училища от този тип.

Началото е положено през 1888 г., когато в Министерството на народното просвещение бива приета изработената от Емануил Иванов, Иван Шишманов (негов братовчед – син на брат на майка му) и други сътрудници „Наредба на Педагогическия курс при Софийската класическа гимназия“. Този курс е открит на 1 октомври 1888 г. с историко-филологически профил. От 1 януари 1889 г. със закон Висшият Педагогически курс става Висше училище, с което в нашата страна се поставя началото на университетското образование. През следващата 1889-90 учебна година при Висшето училище се открива и Физико-математически отдел. Безспорна заслуга за това има Емануил Иванов, комуто по-нататък предстои отговорната задача да осигури необходимите преподаватели. В този решителен момент той постъпва като извънреден преподавател във Физико-математическия отдел на Висшето учили-

ще, като от 1 март 1890 г. окончателно напуска Министерството на народното просвещение и поема трудния път на университетски преподавател. През учебната 1890-91 година е избран за ректор на Висшето училище, на която длъжност остава и през следващата учебна година, а през учебната 1893 – 94 отново е преизбран за ректор. Наред с педагогическата си ангажираност, която обхваща четенето на лекции по почти всички математически дисциплини, както и по опитна физика, подпомогнат само от един секретар и един писар, той е трябвало да извърши и цялата административна дейност, да се грижи за осигуряване на преподаватели и учебни зали и за набавянето на необходимата за библиотеката литература. Понякога се налагало дори той лично да изплаща заплатите на университетския персонал.“

За колегията, особено за учителската, е интересно да отбележим, че в края на XIX и началото на XX век той осъзнава факта, че за студентите, готовещи се за учители по математика, е необходимо да получат знания, разкриващи връзката на съдържанието на училищния курс по математика с математиката във ВУ. Затова започва да чете лекции по един нов за времето си курс „Елементарна математика“. Точно по същото време в Германия подобен курс чете известният немски математик Феликс Клейн, озаглавен „Елементарната математика от гледна точка на висшата математика“. Изглежда, че за тогава този курс е бил изпреварил времето си, защото вероятно след като проф. Ем. Иванов напуска университета, курсът „Елементарна математика“ престава да се чете. Възстановен е през 40-те години на XX век по инициатива на акад. Любомир Чакалов – наследник по катедра на проф. Ем. Иванов.

От 1 януари 1895 г. Емануил Иванов е редовен професор по математика в Софийския университет, титулляр на катедрата по висш анализ. Следващото десетилетие е едно от най-бурните в новата ни история. Убийството на Алекс Константинов през 1897 г., което докарва дълбока покруса в семейството на професор Емануил Иванов, е последвано от студентски вълнения и остра университетска криза. Политическите борби на университетските възпитаници достигат кулминацията си през 1907 г., когато княз Фердинанд е освиркан при откриването на Народния театър в София. Емануил Иванов е безрезервно на страната на професорската колегия, която се бори срещу драстичните мерки, предприети от правителството – затварянето на университета и уволняването на целия академичен персонал. На тяхна страна е прогресивната ни общественост; борбата им се увенчава с успех, когато на 28 януари 1908 г. е публикуван указ „За възстановяване на университета и професорите“.

След кризата Емануил Иванов работи в университета до 1910 г., когато – поради несъгласие с академичния съвет при разглеждането на дисциплинарен случай, свързан с колегата му професор Спиридон Ганев – е принуден да го напусне заедно с професор Атанас Тинтеров. Но той вече е успял да направи голямото си откритие – да привлече онзи от своите възпитаници, който

няколко години по-късно става негов приемник по катедра и достоен продължител на делото му. С присъщата си настойчивост Емануил Иванов успява да издейства командировка в чужбина за специализация на нас скоро назначения асистент по математика Любомир Чакалов. Чакалов прекарва учебната 1910-11 г. в Лайпциг, а след това е в Гьотинген в продължение на три семестъра. През 1914 г. новоизбраният доцент Любомир поема ръководство на създадената от учителя му катедра и остава на този пост 38 години.

От 1911 до 1917 г. Емануил Иванов работи като лектор по математика в Държавното средно техническо училище и в Средното търговско училище при Софийската търговско-индустриална камара.

Завръщането му в университета става през учебната 1917-18 г., като от начало е приет за частен (хоноруван) доцент, а от 1918 до 1923 г. е пак редовен професор и титуляр на катедрата по висша алгебра. Преди оттеглянето си от многогодишна преподавателска, организационна и научна дейност през 1923 г. Емануил Иванов настоятелно препоръчва на академичния съвет на университета да избере за редовен доцент по висша алгебра младия и талантлив асистент Никола Обрешков.

Силно впечатление правят на близките му намерените в неговия архив свидетелства и дипломи, всичките с отличие, за което Емануил Иванов приживе никога не е споменавал. Също така едва ли е било широко известно, че през 1898 г. той е избран за дописен член на Българското книжовно дружество, по-късно преименувано в Българска академия на науките, а от 1900 г. е негов действителен член.

Професор Емануил Иванов е оставил скромно научно наследство, чиято значимост трябва да се преценява в тясна връзка с пионерския характер на цялостната му дейност. Интересите му са били главно в областта на теорията на числата, за което свидетелстват публикациите му. По думите на Любомир Чакалов те характеризират склонността на автора към абстрактно мислене, а може би са плод на духа на образоването, което Емануил Иванов получава в Германия по времето, когато вече напълно са възтържествували идеите на вдъхновяваната от Карл Вайершрас берлинска школа. Вероятно така може да се обясни и подчертаният интерес, който Емануил Иванов проявява към основни въпроси на математиката и проблеми, стоящи на границата с философията и педагогиката.

Първата научна публикация по математика, отпечатана в Годишника на Софийския университет, е статията на Емануил Иванов, озаглавена „Тетрациони“ (т. 2, 1905, 145-154). В нея се разглежда хиперкомплексна система от числа с четири единици. Правилата за събирането и умножаването им са такива, че тези действия се подчиняват на всички закони за смятане с реални или комплексни числа. В частност умножението на тетрационите е комутативно, за разлика от хамильтъновите кватерниони. Но при тетрационите е

възможно да е нула произведението на различни от нула множители. Също така делението не винаги е възможно, дори и когато делителят е различен от нула.

Този труд става причина да се появят още няколко публикации върху тетрационите, написани от възпитаници на Емануил Иванов. На тях е посветил работата си „Върху тетрационите на Ем. Иванов“ (Год. Соф. унив. Т. 20, 1924, 89 – 120) Любомир Чакалов. В нея е показано как тетрационите могат да се получат от обикновените комплексни числа по същия начин, както те се получават от реалните. Интерес представляват и забелязаните от Л. Чакалов аритметични свойства на целите тетраийони, извлечени на базата на свойствата на целите гаусови числа.

В статията на Ем. Иванов „Върху някои свойства на квадратичните остатъци“ (Списание на Физ.-мат. д.-во, год. II, 265 – 273, 313 – 323) се разглеждат основни свойства на конгруенциите, теоремата на Ферма и теоремата на Уилсън. Изведен е критерий на Ойлер за установяване кога едно число е квадратичен остатък или неостатък. Дадени са и някои нови свойства на квадратичните остатъци.

Интересен критерий кога едно естествено число n е просто е предложен в статията на Ем. Иванов „Едно свойство на първоначалните числа“ (Списание на Физ.-мат. д.-во, год. IV, 1908, 24 – 27). За целта се разглеждат биномните кофициенти

$$\binom{n-1}{1}, \binom{n-2}{2}, \dots, \binom{n-1}{n-1} \binom{n-1}{1}, \binom{n-2}{2}, \dots, \binom{n-1}{n-1}$$

и се доказва, че ако r_1, r_2, \dots, r_{n-1} са абсолютно най-малките остатъци от делението им с числото n , то n е нечетно просто число, ако $r_m = (a1)^{m-1}$ за някое $m = 1, 2, \dots, n - 1$.

Числата 5 и 11 могат да се представят чрез бинарна квадратична форма $f(x, y) = 2x^2 + 3y^2$, т.e. $5 = f(1, 1)$ и $11 = f(2, 1)$, но произведението им $5 \cdot 11 = 55$ вече не може да се представи чрез същата форма.

Произведенето на 3, 5 и изобщо нечетен брой числа от вида $ax^2 + by^2$ (където a и b са фиксириани, а x и y могат да приемат произволни цели стойности) може винаги да се представи, и дори по няколко различни начина, в същия вид. Това Ем. Иванов доказва в статията си „Върху едно свойство на функцията $ax^2 + by^2$ “ (Списание на Физ.-мат. д.-во, год. VI, 1910, 297-299).

Проблемът за разлагането на целите числа от вида $(b^m - a^m)/(b-a)$ на прости множители се третира директно (т.e. без разширяване на пръстена на целите числа чрез адюнгиране на m -тите корени на единицата) в статията на Ем. Иванов „Върху делимостта на числата от вида $(b^m - a^m)/(b-a)$ “ (Списание на Физ.-мат. д.-во, год. VII, 1911, 161-168).

В работата си „Едно свойство на целите рационални числа и решението на неопределеното уравнение $x^2 + y^2 + z^2 = t^2$ “ (Списание на Физ.-мат. д.-во,

год. X, 1925, 267 – 269). Ем. Иванов доказва, че квадратът на всяко цяло число може да се представи като сума от квадратите на най-много три цели числа. Това е последният научен труд на Емануил Иванов, завършен на 26 юни 1925 г., т.е. един месец преди смъртта му.

За нея акад. Чакалов в [7] пише: „С тази работа честваният покойник засвидетелства за лишен път своята готовност да служи докрай на делото, на което беше посветил най-хубавите години на своя живот. За

нас тя ще остане завинаги скъп спомен и символ на беззаетната му преданост към това дело.“

Огромни са заслугите на проф. Емануил Иванов не само за поставяне началото на висшето образование в България и особено на висшето образование по математика у нас, но и за поставяне началото на първата обществена организация на математиците и физиците – Физико-математическото дружество.

Известно е, че през 1897 г. в швейцарския град Цюрих се провежда Първи международен математически конгрес. През същата година, може би малко преди това през месец март, по инициатива на проф. Ем. Иванов се провежда събрание във Физико-математическия факултет на Висшето училище, на което присъстват преподаватели по математика и физика от Висшето училище и от двете софийски гимназии с цел да се основе физико-математическо дружество. Събранието е открито от проф. Ем. Иванов, който обяснява целта, за която са се събрали. След кратки разисквания идеята е одобрена. След това се провеждат няколко събрания преди 2 февруари 1898 г., когато се провежда поредно ново събрание, отново по инициатива на проф. Ем. Иванов. На него се избира комисия, която, въз основа на разменените в съб-

Първото настоятелство



Емануил Иванов
секретар



Иван Салабашов
председател



Куни Кутинчев
касиер и библиотекар



Стефан Лахчиев
съветник

ранието мисли, да приготви проект за устав на Дружеството. Комисията е в състав Емануил Иванов, Антон Шоурек и Юрдан Данчев. С това се приема, че е основано Физико-математическото дружество.

Уставът е приет на 29 март 1898 г. В него са посочени следните главни цели:

„1. Да спомага за усъвършенстване на членовете си и да ги поощрява към самостоятелни научни трудове.

2. Да следи за развитието на литературата по Физико-математическите науки.

3. Да възбужда и обсъжда въпроси по учебното дело относно обучението по физико-математическите науки в училищата и да посочва средства и методи за подобрене на обучението въобще.

4. Да изработва обща научна и учебна терминология на тези науки.

5. Да разглежда критично учебници и съчинения по физика и математика, а особено българските.

6. Да спомага морално и материално за напечатване и разпространяване на самостоятелно научни трудове и добри ръководства и учебници.“

Четенето на горните редове не може да не предизвика вълнение. Заложените в тях идеи и досега не са загубили своята актуалност, а някои от тях са все още неосъществени.

След приемането на Устава е избрано първото Настоятелство на Дружеството, което се конституира както следва:

Председател: Иван Салабашев

Секретар: Емануил Иванов

Касиер-библиотекар: Куни Кутинчев

Съветници: Иван Гюзелев и Стефан Н. Лафчиев (фиг. 2)

В доклада [3], озаглавен „Страницки из историята и дейността на физико-математическото дружество по случай 40-годишнината от основаването му“, е приложен списък от 39 членове, наречени „основателни“, като само срещу името на проф. Емануил Иванов пише „инициатор“. Естествено изниква следният въпрос: Защо за председател не е избран Емануил Иванов, който е инициаторът и най-активният при създаването на дружеството, а е избран Иван Салабашев, който даже не е между „основателните членове“? Моето обяснение е следното: По онова време Ив. Салабашев е министър и още от 1879 г. се ползва с голям политически авторитет – особено след надхитряването на съставителите на Берлинския договор чрез решаването на пристъпната комбинаторна задача, осигурило благоприятни условия за присъединяването на Източна Румелия към Княжество България. Интересен е още и може би следният случаен факт: Иван Салабашев е „косвен продукт“ на училището, на което е ученик проф. Ем. Иванов. Иван Салабашев е ученик на Атанас Иванов, а Атанас Иванов е ученик на Емануил Васкидович. Тези две

личности, добили научни знания и организационен опит в просветното дело, пряко или косвено от първото българско светско училище в Свищов, застават заедно начело на първата организация на българските физици и математици. Не е известно кога Иван Салабашев освобождава председателското място и то е заето от Емануил Иванов. Като такъв той чувствително разширява и обогатява своята дейност в него като математик.

Научните интереси на проф. Ем. Иванов не се ограничават само с математически и с методически статии по конкретни проблеми. Той активно се включва и в дискусии по общи логически или даже философски проблеми. Ще припомня два такива случая:

Единият е свързан с петия постулат на Евклид. Известно е, че полемиката в случая се води с математика Иван Гюзелев. За нея ще си позволя да цитирам статията [7] на акад. Л. Чакалов. В нея той пише:

„В тази полемика той сочеше по един несъмнен начин погрешния път, по който са тръгнали тези у нас, които хабят напразно силите си, за да докажат въпросния постулат, игнорирайки прогреса на науката от времето на Николай Лобачевски до днес. Ако непосредствено след откритията на гениалния руски математик и на унгареца Янош Бояй все можеше да остане в някой скептик сянка от съмнение във възможността да съществува и неевклидова геометрия, то след трудовете на Riemann, Beltrami, Klein, Poincare и др., които ни дадоха, тъй да се каже, осезаеми модели за тази геометрия, въпросът бе решен окончателно: от гледището на логиката неевклидовите геометрии имат еднакво право на съществуване с Евклидовата. Спорът около това, коя от тях е вярна, е сам по себе си безсмислен, защото никоя от тях не води към противоречие. – Във въпросната полемика проф. Ем. Иванов не само изтъкваше погрешните заключения на своя опонент, но изрично подчертаваше и това, че всички подобни опити са осъдени на неуспех. „Търсеното доказателство за XI-та Евклидова аксиома“, казва той, „съставя задача, подобна на задачите: *perpetuum mobile*, *trisection anguli* и *quadratura circuli*, с които в днешно време никой сериозен човек вече се не занимава.“

А ето какво разказва за авторитета и ролята на проф. Емануил Иванов неговият съвременник и съсед Георги Николов [4]:

„Физико-математическото дружество, при участието на Ем. Иванов, имаше голям научен авторитет. За всякакви въпроси от математическо естество министерствата се отнасяха до нашето дружество, респ. – до Ем. Иванов. То играеше ролята на върховен арбитър, към който се обръщаше всеки. Характерна е следната случка.

Един ден при проф. Ем. Иванов се явиха репортерите на вестниците с молба да им отговори, дали доказателството на теоремата на Ферма, дадено от Д. К. Попов (излязло в отделна книга и за което бяха писали вестниците) е вярно, и дали Попов ще може да получи паричната награда от 100 хиляди

марки, завещани от Паул Волфскел. Ем. Иванов се усмихна и отговори, че, понеже толкова много хора се интересуват от участта на премията, той още утре ще говори подробно пред Дружеството.

Д. К. Попов, сега покойник, бивш министър, е известен у нас не само като публицист и политик, но и като образцов литературен преводач на стихове от руски на български. Без да е завършил по математика и без да има особени претенции, той беше любител на математиката и е един от основателните членове на нашето дружество. Един математически въпрос, за решението на който се предлага голяма парична награда, естествено е да заинтересува всеки – още повече, като се вземе пред вид, че и един нематематик лесно може да разбере условията на теоремата.

В деня, оповестен във вестниците, Физ-мат. д-во се събра в една от най-големите аудитории, в които тогава се помещаваше юридическият факултет на ул. Московска срещу Двореца. Присъстващите бяха толкова много, че освен аудиторията беше натъпкан и коридорът, отгдето през широко отворените врати любопитните наостряха уши да чуят решителната дума на наука. Така беше тогава!

Проф. Ем. Иванов се яви на катедрата пред черната дъска, посрещнат от присъстващите с бурни ръкопляскания. След като утихнаха поздравите, Ем. Иванов със свойственото му спокойствие и яснота в излагане на мислите в течение на цял час формулира теоремата на Ферма и разгледа подробно доказателството на Д. К. Попов. Когато за прегледност започна да разглежда конкретни примери, с които се изтъкваха релефно грешките в доказателството, всички почнаха да се смеят. Усмихна се незлобливо и Ем. Иванов, и тогава цялата аудитория го удари на смях и шеги. Аз седях на втория чин и

чувах около мене да се приказва: „Ето това се казва математик!“ „Може ли българин да вземе премията?“ – „Може, ама да има главата на професора!“ Друг глас запитва: „Где се записват членове на дружество?“ и др.

За авторитета на проф. Ем. Иванов в края на XIX и началото на XX век свидетелства и фактът, че



той е бил член на Висшия учебен съвет в Министерството на народното просвещение.

Последните две години от живота си Емануил Иванов прекарва в Кюстендил, където дните му завършват тихо и безшумно на 25 юли 1925 г.

През м. юни 2005 г. по случай 80-годишнината от неговата смърт на родната му къща в Свищов беше поставена паметна плоча от името на СМБ и ФМИ на СУ „Св. Климент Охридски“. На откриването ѝ присъстваха математици от различни краища на България, а също от Русия, Япония, Гърция и Италия..

Литература

1. **Ганчев Ив.** – Свищов и началото на светското образование в България, сп. „Педагогика“, кн. 9, 2005.
2. **Лафчиев Ст.** – Професор Емануил Иванов, „Списание на физико-математическото дружество в София – 1926, кн. 4.
3. **Лафчиев Ст.** – Страницки из историята и дейността на Физико-математическото дружество по случай 40-годишнината от основаването му – „Юбилеен сборник на Физико-математическото дружество в София“, 1939.
4. **Николов, Г.** – Дейността на физико-математическото дружество в София, „Юбилеен сборник на Физико-математическото дружество в София“, 1939.
5. **Русев П.** – Емануил Иванов – сб. Български математици, С., 1987.
6. **Тачева Ел.** – Свищовският литературен кръг в историята на българската възрожденска литература, Благоевград, 2002.
7. **Чакалов Л.** – Емануил Иванов като педагог и учен, „Списание на Физико-математическото дружество в София“, кн. 4, 1928.

(статьята се отпечатва с малки съкращения)

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

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

РАДЕТЕЛЯТ НА ПРИЛОЖНАТА ОПТИКА У НАС АЛЕКСАНДЪР БАНКОВ НАВЪРШИ 80 ГОДИНИ

Александър Банков Банков е виден представител на приложната оптика и оптичното уредостроене в нашата страна. Неговите постижения в тези области са забележителни и особено ценни.

Александър Банков е роден на 16 септември 1927 г. в гр. Плевен. През 1937 г. семейството му се премества в София, тъй като баща му, Банко Банков, става министър на земеделието в кабинета на Георги Кьосеиванов. Александър Банков завършва Френския колеж в София през 1947 г. и продължава образованието си като студент в Института по фина механика и оптика – София, който завършва с отличен успех през 1951 г. Тук негов преподавател по оптика е видния специалист – оптик Петко Попов, създател на оптичната работилница в СУ, който го насочва към занимание и решаване на проблеми от областта на изчислителната и приложна оптика. Това става основа на неговата по-нататъшна творческа дейност. През есента на 1951 г. постъпва студент в специалността „Физика“ на ФМФ на СУ, като през следващата 1952 г. се прехвърля в МГИ – София, специалност „Инженерна геология“. През 1954 г. завършва и този Институт с отличен успех като инженер геолог.

Александър Банков започва своята трудова дейност още като студент. Работи отначало в оптичния отдел на предприятието „Учтехпром“ (1949 г.), а по-късно в ТПК „Млада гвардия“ (1952-1955 г.) като майстор – оптик по ремонт на оптични уреди. Научноизследователската, приложна, изобретателска и внедрителска дейност на инж. Александър Банков протича в различни производствени и научни институции: инженер-геолог във флотационната мина на с. Михалково, Девинско (1955-1958 г.); майстор специалист – оптик в оптическата работилница на ФИ с АНЕБ – БАН (1958-1961 г.); учител по оптика в Техникума по фина механика и оптика-София (1961-1963 г.); р-л на група по оптика в Развойното предприятие по геодезични прибори – София, Павлово (1963-1964 г.); редовен аспирант в Московския институт за инженери по геодезия, аероснимки и картография (НИИГАиК) – Москва (1964-1967 г.). Защитава докторска дисертация на тема “По въпроса за проектиране и изследване на зрителни тръби за геодезични инструменти, произвеждани в България“ с ръководител проф. д-р Дмитрий Алексеевич Раманов. В същия Институт специализира през 1980 г.; н.с. I ст. и ръководител на секция по геодезично инструментостроене в Института по геодезия с картография – София, Павлово (1969-1972 г.); н-к отдел „Гражданска оптика“ в Научно-изследователския институт по специална оптика и радиоелектроника (НИИСОТ) при ДСО „МЕТАЛХИМ“ (1972-1975); н.с. I ст. и преподавател в катедри „Атомна физика“ и „Оптика и спектроскопия“ на ФФ на СУ (1975-1988 г.), създател на две технологични лаборатории; хон. препода-

вател по геометрична оптика в катедра „Механично уредостроене“ при ВМЕИ – София в периода 1968-1983 г.; преподавател по оптика в Националната професионална гимназия по прецизна техника и оптика „М. Б. Ломоносов“ – София (2001-2007).

Александър Банков е автор и съавтор на 24 научни статии, на учебник по геометрична оптика и оптични уреди (1980), на ръководство по оптични измервания (1980, 1991), на 7 внедрени разработки, от които една в чужбина, на 5 опитни образци на оптични изделия и на три изобретения в областта на оптиката, свързани с производството на оптични материали и уреди. Първото изобретение е метод за формообразуване на пластмасови части с особено гладка повърхност за оптически и други цели. Пластмасата се формова чрез леене под налягане в оформена кухина, изработена от аморfen материал – стъкло, кварц, монокристали. Второто изобретение е за изготвяне на оптично стъкло на телурна основа. Това стъкло се отличава със следните предимства – стабилно е спрямо кристализация, има висок показател на пречупване на светлината $n > 2,1$ и пропуска лъчение в близката ИЧ област на спектъра. Третото изобретение е за комплект оптични кварцови филтри с танталово покритие и отклонение от плоскопаралелност при равнинност до 5 Нютонови пръстени. Филтрите осигуряват цялостна оценка на метрологичните характеристики на спектрофотометри в УВ и видимата област на спектъра.

Александър Банков е член на ДФБ и СФБ, както и на Софийския клуб на физиците. Създател е на секция „Оптика“ при ДФБ и участва дейно в организиране и провеждане на четири Национални конференции с Международно участие по оптика и лазерна техника, проведени в Гълечица, Панагюрище и курорта „Дружба“ – Варна. Също така ръководи много кръжици по оптика и оптично уредостроене, както и е ръководител на над 10 курсови работи на студенти в тази област. Член е на Отрасловия съвет на отдела „Оптични измервания“ към ДК по метрология и стандартизация. Понастоящем е член на работната група към Соф. клон на СФБ по възстановяване на оптични уреди в софийските училища и колежи.

Със своята дългогодишна и ползотворна творческа, приложна и преподавателска дейност, н.с. инж. Александър Банков допринася за издигане нивото на нашата приложна оптика и тази негова дейност е оценена от нашата научна общественост и той е отличен с награди и отлиния (Значка от ДКНТП за принос в науката и техническия прогрес – 1974 г., Златен медал от Пловдивския мострен панаир за специализиран оптичен уред – 1974 г., награда на ТНТМ за разработка на оптичен уред в ръководения от него кръжок по оптика към Техникума по фина механика и оптика – 1979 г.).

Честит юбилей, Сашо! За много години, бъди жив и здрав! За твоята дългогодишна и широкообемна творческа и приложна дейност подхожда мисълта на английския писател Томас Фулер „*Знанието е едно съкровище, на което ключът е практиката*“.

Ст.н.с. Крум Коленцов
ИФТТ – БАН

РАБОТНО СЪВЕЩАНИЕ “ЯДРЕНА ФИЗИКА И ОБЩЕСТВО”

Н. Балабанов

От 11 до 13 септември 2007 година в град Пловдив се проведе работното съвещание „Ядрена физика и общество“. То беше организирано от физическия факултет на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ и Обединения институт за ядрени изследвания – Дубна със съдействието на Агенцията за ядрено регулиране.

Съвещанието беше замислено в духа на препоръките на Международния форум „Физика и общество“, проведен през м. април 2006 г. в Грац, Австрия („Светът на физиката“, №4, 2006 г.). Неговата основна цел беше да стимулира научното сътрудничество между Пловдивския университет и ОИЯИ, да се наблюдават стратегическите направления за съвместна изследователска дейност.

Пловдивския университет има 40-годишен опит в сътрудничество с ОИЯИ, особено активно реализирано през 70-80-те години на миналото столетие, когато близо 20 преподаватели от университета работихме в Дубна. Най-висока активност в това сътрудничество проявяващо катедра „Атомна физика“, чиято тематика най-тясно е свързана с проблемите на ОИЯИ. Имаше периоди, когато практически целия колектив на катедрата се пренасяше в Дубна – една част в краткосрочни командировки.

Романтичният период в нашите отношения отмина. През 90-те години, в резултат на настъпилите политически и икономически промени у нас и в Русия, сътрудничеството отслабна. През последните години то отново се активизира, но без да е поставено на основата на някаква стратегия. Предназначението на съвещанието беше да направи известна равносметка на изминатия общ път и наблюди насоки за бъдещото сътрудничество.

Въстъпителният доклад беше изнесен от Н.Балабанов „Научното сътрудничество между Пловдив и Дубна и неговата роля във взаимодействието на науката с обществото“. В доклада беше разгледано влиянието на това сътрудничество върху развитието на фундаменталните и приложни изследвания на физиката в гр. Пловдив, за подобряване на качеството на обучението в Университета, както и за активизиране на диалога между физиката и обществото.

„Гвоздейте“ на програмата бяха поканените доклади на академик Юрий Цолакович Оганесян и професор Цветан Вълов. Както е известно, Ю.Ц.Оганесян е ученик и приемник в изследователската дейност на Г.Н.Фльоров в търсенето на свръхтежки елементи. Той е участвал в синтезирането на мно-

го трансформиеви елементи (от 102-ия до 118-ия), както и в изследвания на ядреното делене, реакции с тежки йони, приложение на ядрени методи в различни области на науката и техниката. С огромен интерес беше изслушана неговата лекция „Търсене на свръхтежки елементи в природата“. Търсенето се основава на предсказаното от теоретичните модели съществуване на „остров на стабилността“. Елементите в този „остров“ могат да имат период на полуразпадане сравним с възрастта на Земята, което е основание да се търсят в състава на природни образци. Моето впечатление, което изказах пред докладчика, е че планираните експерименти са на границата между науката, фантастиката и авантюрата (в добрия смисъл на тази дума).

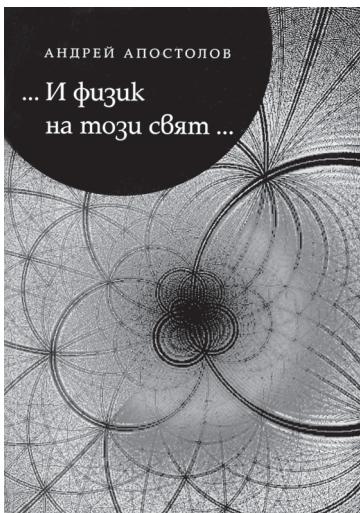
Втората върхова лекция беше изнесена от професор Ц. Вълов, извоювал си авторитета на „посланник на българската физика“ в Дубна. Проф. Ц. Вълов е известен с успехите си в ядрената спектроскопия и с изследванията във физиката на неутриното. За неговите заслуги в науката и по-специално за развитието на сътрудничеството между ПУ и ОИЯИ, през 2005 г. той беше избран за „Доктор хонорис кауза“. Неговата лекция „Неутриното и радиоактивното разпадане“ отново отведе слушателите на един от фронтовете на съвременната физика.

На съвещанието бяха изнесени още следните доклади: „Съвременни тенденции в развитието на неutronни детектори“ (А.В. Белушкин – директор на Лабораторията по неutronна физика), „Радиоаналитични изследвания в ЛНФ в науките за живота“ (М.В.Фронтасиева), „Изследване на реакции (n, p) и (n, a) с бързи неutronи“ (Ю.М.Гледенов), „Неutronни данни за перспективни реакторни технологии“ (Н.Б. Янева – ИЯИЯЕ). Нови експериментални данни за леките ядра“ (Р.Калпакчиева), „Използване на ядрено-физични методи за елементен анализ на образци от околната среда“ (Хр. Христов). Всички доклади, макар и да засягаха конкретни направления, имаха обзорен характер.

По време на съвещанието се проведоха два дискусии, насочени към проблемите на сътрудничеството. Основният проблем, около който се обединиха участниците беше обучението на студентите и подготовката на най-добрите за изследователска работа. В това отношение ОИЯИ чрез своя Ученен център може да оказва сериозна помощ. В дискусията взе участие и зам. председателя на Агенцията за ядрено регулиране – ст.н.с. Лъчезар Костов.

Хубавото време, очарованието на древния град, както и аромата на настъпващата есен също изиграха своята положителна роля за успешното провеждане на работното съвещание.

„... И ФИЗИК НА ТОЗИ СВЯТ“



Това е заглавието на книгата на проф. д-р Андрей Апостолов, с която Университетското издателство „Свети Кл. Охридски“ зарадва физиците, завършили обучението си, работили и работещи във Физическия факултет на Софийския университет. И се надявам мнозина от тях „да видят“ и себе си в книгата, независимо дали имената им се споменават в нея. Защото зад автобиографичния си характер книгата съдържа информация за съществена част от развитието на българската физика от началото на 60-те години на XX век до наши дни и предлага авторската оценка за редица личности от физичната и нефизичната общност, оказали съществено влияние върху това развитие. Не се съмнявам, че колегите от моето поколение, започнали преподавателската и научната си кариера във факултета от 1964 г. и посветили живота си на физиката и след пенсионирането си през първото десетилетие на новия век, ще се запознаят със съдържанието на книгата с неподправено любопитство и интерес. Книгата дава обобщен отговор на въпроса какво е мястото на българския физик – учен и преподавател – сред поколенията в световен машаб през втората половина на изминалото столетие. И макар че приносът към науката и образоването в България на отделната личност да е различен, всеки от нас ще намери своя смисъл на самочувствието да е „физик на този свят“.

Книгата на А. Апостолов е под печат през 2005 г., която – както отбелязва авторът в увода й – е юбилейна за физиците, тъй като 100 години по-рано са публикувани статиите на Ал. Айнщайн, повлияли съществено на съвременното „лице“ на физиката. Затова книгата е посветена на Световната година на физиката и нейното съдържание е достойно за бележития юбилей. В първата глава авторът ни представя личния си отговор на въпроса „Как станах физик“ – въпрос, който е стоял пред всеки физик при завършването на средното училище. Прочетох с любопитство тази глава, правейки естествен паралел с личните си някогашни терзания дали да следвам физика или инженерство в някоя от четирите специалности за допустим избор. Избор, който трябваше да направя, без да имам реална представа какво ме очаква в съответния университет. Вероятно малцина са колегите, които са направили „твърд“ избор на физиката като бъдеща специалност и професия, затова колебанията на автора на книгата ми бяха съвсем понятни. Симпатиите и доверието към написаното в следващите глави непрекъснато се засилваше, тъй като то съвпадаше по факти и преценки

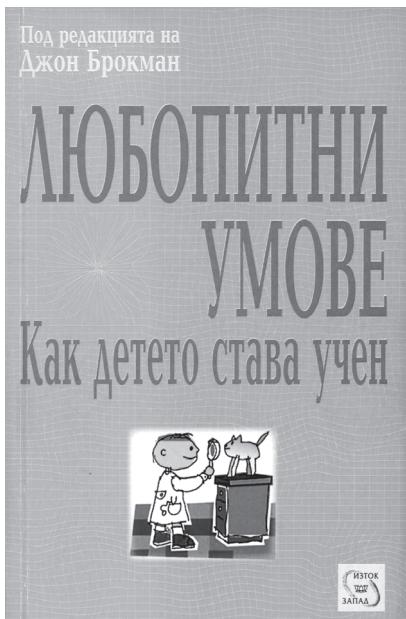
от личните ми спомени за следването във Физико-математическия факултет. А. Апостолов бе започнал следването си през 1954/55 учебна година, т.е. 3 години преди мен, затова и почти всички тогавашни преподаватели – физици и математици – водеха занятия и на моя випуск. Затова и личностните преценки за тях, направени от А. Апостолов с голяма прецизност и уважение, почти съвпадаха с моите собствени.

Ще пропусна автобиографичните подробности от първите години на професионална реализация на А. Апостолов, които са характерни за тогавашните физици, постъпващи на работа „по разпределение“. Защото истинската му кариера на преподавател и учен започва след постъпването му като хоноруван асистент в катедрата по опитна физика на Физическия факултет на СУ. Началните години на тази кариера наподобяват много годините на моето (следващо го) поколение. Това са години на нарастване броя на приетите студенти и оттам необходимостта да бъдат назначени нови асистенти за упражненията към курсовете, водени от малцината хабилитирани преподаватели. Това бяха години на осъкъдна и застаряваща експериментална база за обучение и почти липса на такава за научни изследвания. Науката се осъществява не в колектив, а индивидуално, а необходимата апаратура се доставяше с личните усилия на отделни преподаватели и служители, получили достъп до просветното министерство. Впрочем – както се вижда от следващите глави на книгата – материалната база на университетската физика остана в продължение на десетилетията нерешен проблем, независимо от промените в държавните институции, които трябваше да се грижат за нея.

Благодарение на научния си авторитет, за който допринася много специализацията му във Франция след 1962 г., А. Апостолов беше един от хората, които след завръщането си в България получиха възможност да избират сами областта (на магнетизма) за научните си изследвания, да създадат научна група по тази тематика от преподаватели и да се заемат с конструиране на нестандартна апаратура за изследванията. В книгата подробно са описани не само усилната научна дейност на групата през 70-те и 80-те години на ХХ век, но и всички съпътстващи я управленски проблеми на факултетско, университетско и държавно ниво. Описанията на тези проблеми и точните личностни характеристики, които А. Апостолов дава на лицата от различен обществен „калибър“, участващи в тях, определят автора на книгата като задълбочен познавач на проблемите във физиката на университетско, академично и приложно ниво. Предоставената от автора информация и коментар дава възможност на читателя да направи и собствена преценка, например как повлияха промените след 10 ноември 1989 г. върху българската физика и да свърже висшето физично образование с лелеянния икономически растеж на страната ни в духа на европейските изисквания и традиции. Всичко това превръща книгата от автобиографична в исторически труд, който отразява усилията на българските физици да дадат своя съществен принос в научно-технически прогрес на страната и да покажат на специалистите от останалите професии, че „физик на този свят“ звучи гордо.

Л. Вацкевич

ИНТЕЛЕКТУАЛЕН ПРОМИСКУИТЕТ



Когато развлънуван, с току-що купената книга „**Любопитни умове: как детето става учен**“ (издателство „Изток-Запад“, София, 2007; превод от английски на Боян Брезински) я показвах на близък приятел, със съответните научни звания и степени, той след като я прелисти набързо, и въпреки че в нея срещна име на преподавател на внука си в престижен американски университет, ми я върна опечален със забележката: „*Вече е късно за мен да четат такива текстове...*“.

Да, ама не. Да, защото такова е оригиналното заглавие на сборника есета, подбрани от известния популяризатор на науката Джон Брокман „*Curious Minds. How a child becomes a scientist*“ (2004).

Но не, защото тя не е упътване как да направим внуките си учени, а автентичен разказ на видни днесни творци в областта на природните и хуманитарни науки за тяхното детство.

Нарочно озаглавих бележката си с това провокативно заглавие, взаимствано от разказа на Марк Хаузър (професор по психология в Харвард) за неговото детство, а и защото то най-ярко характеризира съдържанието на книгата: какво уникално различие на ранните жизнени пътища до достигане на постъпите на творческите изяви, какво разнообразие на произход, възпитание и образование, какви невероятни жизнени траектории, каква разкрепостеност на мисленето и свобода на духа ... Спирам дотук: както е казано, когато Боговете говорят, фактите трябва да мълчат (да спомена само някои от физиците: Мъри Гел-Ман, Фриймен дайсън, Лий Смолин, Джана Левин). Използвайки случайното съвпадение, че автора на тазгодишното ни *Четиво с продължение – „Относно времето“*, Пол Дейвис, е и един от участниците в сборника, ние илюстрираме това, което искахме да кажем с неговия разказ „Зовът на космологията“.

А вие, драги колеги, не слушайте моя приятел – *Никога не е късно да се четат такива текстове!*

ЗОВЪТ НА КОСМОЛОГИЯТА

Пол Дейвис

Роден съм да бъда физик теоретик. Знам, че звуци старомодно, но съществува такова нещо като призвание. И аз го имах – и още го имам. От най-ранните си години, които си спомням, исках да вървя по пътя, избран от мен по-късно, когато най-сетне разбрах какво представлява теоретичната физика и как функционира професионалната наука. Нямаше прозрение. Нямаше ключово събитие, което да предизвика решението ми, нямаше наставник, който да ме вдъхнови.

Семейството ми мислеше, че не съм наред. Науката не се забелязваше никъде в генетичните наследствени черти на семейство Дейвис. „Кога ще си намериш истинска работа?“ – ме попита една леля на една сватба точно след като бях осигурил първото си преподавателско място в „Кингс колидж“ в Лондон. „Какво точно е физиката?“ – искаше да знае баба ми. Вечно практичният ми баща беше скептичен към живот, прекаран в размишления върху тайнствените механизми на вселената. „Никой няма да ти плаща само да седиш и да мислиш“ – обяви той. Майка ми щеше да одобри научната ми кариера, ако работех върху лек за рака, но физиката ѝ се струваше мистериозна и леко зловеща.

Така, че как едно обикновено, обичащо да се забавлява дете от предградията на Лондон стана физик теоретик и космолог?

Някъде дълбоко в мен винаги е имало нещо – никакво беспокойство, доближаващо се до усещане за съдба, което ме движи напред. Това е чувство на неумолимо привличане към безметежното сърце на съществуването, непреодолимо желание да търся скрития смисъл във вселената и убеждение, че смисълът всъщност е ей там и съвсем малко не ми достига да го уловя.

Разбира се, не само аз съм получавал такива внушения с космическа значимост, но повечето хора ги надрастват. Други се освобождават от бремето като се обръщат към мистицизма или религията. Аз преживях флирт с конвенционалната религия през юношеските си години, но я намерих разочароваващо плитка, като отговорите бяха или твърде повърхностни, или неразбираеми. Помня как на 16-годишна възраст бях дълбоко притеснен от парадокса на свободната воля. Защо атомите в мозъка ми не правят онova, което атомите си правят, независимо от това, аз какво *искам* да правят? И всъщност от къде изобщо се появяват моите желания? Дори и да мога по някакъв вълшебен начин да правя това, което аз искам, как е възможно да *искам* онova, което искам?

Изложих тези притеснения пред курата в местния англикански младежки клуб. Бях се записал в тази организация най-вече в търсене на приятелка

и на по-интересен социален живот, но ми харесваха и епизодичните задълбочени и смислени разговори с духовниците. Обикновено тези разговори се врътяха околоекса и защо той не е добра идея, поне сред членовете на младежкия клуб. Свободната воля не беше на предно място в дневния ред и на моите притеснения не се обръщаше внимание. Но това общуване беше повратна точка за мен. Внезапно осъзнах, че най-добраният начин да се отговори не само на загадката за свободната воля, но и на всички **Наистина** големи въпроси на съществуването е не посредством религията, а чрез теоретичната физика. Все пак физиката е музиката, под чийто звуци танцуваат атомите в мозъка ми.

Така, че теоретичната физика стана в известен смисъл моята религиозна мисия, най-добраният шанс да си обясня света и моето място в него.

Но защо това имаше толкова голямо значение за мен? Защо просто не пренебрегнах тази екзистенциална криза и не си намерих „нормална работа“ като връстниците ми?

Част от отговора е скучата, чиста затъпяваща скуча. Израснах в следвоенен северен Лондон. Играчките бяха оскудни, храната – еднообразна, училището – отегчително. Пътуванията до крайбрежието бяха рядкост, никой нямаше телевизор, а дори книгите бяха лукс. Никога не се случваше нищо вълнуващо. Копнеех за никакво наистина драматично събитие – нашествие на извънземни, появя на привидение, послание от мъртвите, – каквото и да е, стига да разнообрази ежедневната тягост. Науката стана моят способ за бягство. През зимата на 1955 г., когато бях на 8, като специален подарък баща ми ме заведе да гледам „Историята на Бени Гудман“ в местното кино. Обратно са връщахме пеша в тъмното, през една горичка и баща ми ми показва ярката звезда Сириус и някои известни съзвездия. Живо си спомням ясните точки светлина в чернотата на небето, които се виждаха през останалите без листа, подобни на скелети дървета. Тогава видяхме падаща звезда. Вече бях забелязвал тези краткотрайни обекти от двора ни, но смятах, че са особен вид фойерверки. Баща ми обясни, че това са метеорити, които буквално се забиват в земната атмосфера.

Ето това беше истинска магия! Просто като погледна нагоре, можех да избягам във вълшебна страна на неща буквално от друг свят. Всичко това беше точно над главата ми, но повечето хора наоколо, потънали в ежедневните си дела, мен не го забелязваха.

Оттогава се пристрастих към науката. Особено запален бях по светлина и електричеството. Още помня колко странно беше усещането да виждам образа на прозореца на стаята ми, проектиран през дупчица от игла в кутия за обувки. Или радостта, че съм накарал крушки от фенерчета да светят тайнствено чрез сложна комбинация от жици и батерии. В тези импровизирани експерименти най-много ме заплениваше откритието, че мога да получа дос-

тъп до скрито царство на сили и явления с помощта на купчина боклуци в спалнята си, стига да разбера правилния начин на действие. Затова конфискувах всички джунджурии, които намирах – стари надраскани лещи, метални тръби, изхвърлени фойерверки, износени електрически кабели, крушки, свити от автобуса от училище до вкъщи. И винаги с мисълта: „Каква работа би могло да свърши това?“.

За дванадесетия ми рожден ден родителите ми ми купиха фотографски набор за проявяване. Аз всъщност нямах фотоапарат, но взимах на заем прости „Кодак Брауни“ на баща ми и излизах през нощта в снега, за да снимам улични лампи и преминаващи коли. Още си спомням почти свръхестественото чувство, когато образът на външната врата, осветена от отразяващата се в снега лампа, се появи върху хартията в тавата с проявител. Докато внимателно клатех тавата се чувствах като магьосник, който командва тъмни сили.

На 14 години бях решил да направя телескоп. Да се купи телескоп беше немислимо в онези години на лишения. Наистина купих 100-милиметрово огледало, но всичко друго сглобих сам от вехтории. Тръбата беше от навит линолеум, монтировката беше от ненужни парчета дърво и разни болтове и гайки, взети от роднини и приятели. Беше достатъчен, за да ми даде тласък в наблюдалителната астрономия. Окуражен от този успех, реших да построя по-голям инструмент, което означаваше сам да шлифовам 200-милиметрово огледало. За тази цел завзех кухнята и почнах да майсторя полировач, покрит с карборундов прах. След много часове усилено шлифоване и дълго полиране с оптичен крокус огледалото беше готово за преби и окончателна фигуризация. Проведох оптичните преби в дневната с помощта на фенерчета, ножчета за бръснене и други импровизирани уреди. В крайна сметка след много усилия имах използваемо огледало за телескоп, монтирано в дървена тръба с дължина почти два и половина метра, както и стойка за нея. Окупирах един ъгъл в двора и издигнах наподобяващата оръдие гигантска тръба върху голем блок бетон, който бях излял с много труд и в който предварително бях поставил метални болтове на точно определени места. В окончателния си вид инструментът действаше, но не така добре, както би могъл – имаше нужда от метална монтировка, а не от дървеното приспособление, което с големи мъки бях сглобил. Все пак беше достатъчно добър за наблюдение на Луната и планетите, ако внимавах да не бутна тръбата, докато гледам през окуляра. Още пазя огледалото в гаража си.

Връхната точка на кариерата ми на млад астроном беше през 1963 година, когато Margaret Tachъr mi подари звездния атлас на Нортън. Тя беше член на Парламента от Финчли, където ходех на училище, а атласът беше награда за успехи в науката през годината. Много години по-късно, когато получих наградата „Темпълтън“ (присъдена за работата ми, свързваща нау-

ката и религията), баронеса Тачър беше една от съдиите в журито и любезно се съгласи да подпише атласа за мен още веднъж.

Детската ми страсть към науката не се ограничаваше до астрономията. Винаги ми е било любопитно как нещата се движат. До шестнайсетгодишна възраст бях прочел книжката на Айнщайн за относителността и знаех за принципа на Max и другите загадки на пространството, времето и движението. Изпитвах търпението на многострадалния ми учител по физика с поредица от проекти на вечни двигатели, но този интерес към динамиката в никакъв случай не беше чисто абстрактен. Отдавна обичах да правя лъкове и стрели, копия и катапулти. Играех си с оръдия, направени от цилиндрични опаковки от пури, натъпкани с барут от фойерверки, а за гюлета служеха стъклени топчета за игра. Оръдията така и не гръмнаха. При едно пътуване до Париж, изпълнен с очакване, пуснах хартиено самолетче от върха на Айфеловата кула – вятърът веднага го поде и то изчезна нагоре в ниските облаци.

Едно цирково представление, когато бях на 10 години, ме впечатли дълбоко. В един от номерата на арената излизаше ножохвъргач, който със завързани очи мята ножове с горящи остриета по асистентка с осъкъдно облекло, завързана с разперени ръце и крака към въртяща се кръгла дъска. Ако не успеех да стана физик, щях да бъда доволен и на работа като тази, изпълнявана с такъв финес. Надлежно се упражнявах в двора с джобното ножче на брат ми, като за мишена ми служеше вратата на градинската барака. Беше ми много трудно да накарам ножа да стигне до целта с върха напред (все още не успявам да го правя всеки път). Каубойте по филмите хвърляха ножове през препълнените кръчми и острието послушно се забиваше в обръната маса с приятен тъп звук. При мен ножът все удряше вратата странично и падаше на земята.

Когато най сетне почти усвоих мятането на ножове, поканих за асистентка едно момиче, Елизабет, което живееше на улицата отсреща. Тази смела млада дама се изправяше с гръб към врата на бараката, докато се прицелвах. Бях решил, че е по-добре да не съм със завързани очи. Елизабет още си е жива и здрава и има мили спомени за ранната си роля в шоубизнеса. Всъщност тя стана знаменита танцовка и актриса, играеща главна роля в цирковия мюзикъл „Барнум“. Може пък и аз да имам някаква заслуга за това.

Към 18-годишна възраст забавленията и игрите бяха приключили и се бях захванал със сериозната задача да превърна детската си мечта в професионална реалност, което значеше да постъпя в университет. Всички физици трябва да вземат съдбоносното решение дали да се заемат с теория или с експерименти. От думите ми за правенето на телескопи и мятането на ножове може би ще предположите, че съм се спрятал на експерименталната физика. Но аз намирах лабораторната работа за непоносимо досадна. Скуката бързо ме завладяваше. Нещата напредваха твърде бавно, а повечето ми експери-

менти, като хартиеното самолетче или опитите с оръдията, въобще не про- работваха. Липсваше ми търпението или умението да подготвя правилно апа- ратурата и да събера данни с достатъчна точност, за да имат въобще никакъв смисъл. Казвах на сътрудниците си, че страдам от лабораторофобия.

Моята кариера в експерименталната физика стигна до безславен край по време на практически изпит във втори курс. Пускаха студентите в лаборатория за цял ден със задачата да измерят нещо. В моя случай това беше вискозитетът на водата (скука, скука!). Не ни даваха никакви указания. Предизви- кителството беше да измислиш свой експеримент с наличното оборудване. То се състоеше от стоманен цилиндър, колба, хронометър, метална стойка, памучен конец, огледалце, малко пластелин, електрическа крушка, която даваше лъч и прозрачна лента със скала. След известно време схванах какво се очаква. Окачих цилиндъра за стойката с памучния конец и го потопих в колбата с вода. Закрепих с пластелин огледалцето към конеца и насочих лъча от крушката към него, така че да се отразява върху лентата със скалата. После завъртях цилиндъра около вертикалната ос и го пуснах да се движи (да из- вършва т.н. „усукващо трептене“), като наблюдавах движението посредст- вом светлинното платно, което вървеше напред-назад по скалата. Триенето на водата кара трептенията да затихват, така че като засечете как намалява във времето отклонението на петното, можете да изчислите вискозитета на водата. Просто. Само, че в моя случай конеца се скъса, металният цилин- дър падна на дъното на колбата и я счупи, така че водата заля цялата маса. И малкото неокончателни данни, които бях записал дотогава, бяха унищоже- ни. След този епизод избрах пътя на теорията.

Във всеки случай теорията прилягаше повече на харектера ми и подхож- даше на отдавнашното ми търсене на смисъла. Бях открил очарованието на чистата теория няколко години по-рано, още във Финчи. Падах си по едно тъмнокосо момиче на име Линдзи, което учеше само класически предмети и прекарваше дълги часове в училищната библиотека в четене на английска литература. Един ден се изхитрих да седна срещу нея, натоварен с домашно да се изчисли траекторията на топче, засилено нагоре по наклонена плос- кост. След като бях изписал няколко листа с изчисления, очарователната Линдзи ме погледна със смес от възхищение и удивление. „Какво правиш?“ – попита тя. Когато обясних, тя изпадна в недоумение. „Но как можеш да оп- ределиш къде ще отиде топчето, като пишеш завъртулки върху хартия?“.

От тогава въпросът на Линдзи не ми дава покой. Наистина, как така успяваме да опишем функционирането на природата чрез човешката мате- матика? Започнах да гледам на уравненията на теоретичната физика като на скрития подтекст на вселената. Научавайки тайнния език и похвати на мате- матиката, получавах достъп до окултния свят на взаимодействия и полета, на невидими суб-атомни частици и фини взаимовръзки – цяла страна на чу-

десата в ръцете ми, също толкова привлекателна като тъмното нощно небе над нас, но никак си по-вълнуваща заради своята по-абстрактна природа. Имах усещането, че съм приет в тайно общество, където, ако следвам специални правила, мога да разкрия една алтернативна реалност – всъщност по-дълбоко ниво на реалността, което по някакъв начин се намира по-близо до душата. Душата на вселената, може би. Тогава разбрах какво вероятно е изпитвал Галилей, когато е написал, че книгата на природата е написана на езика на математиката и изживях малко от това вълнение – усещането, че самата природа ми говори на закодиран език.

Хората обичат да разказват носталгични истории, как като юноши са искали да станат машинисти, неврохирурги, или космонавти. Аз винаги съм искал да бъда физик теоретик с уклон към космологията и точно такъв стаях. Поглеждайки назад, не мога да си представя с какво друго бих могъл да се занимавам. Най-трудната част беше да се изтърпят другите задължителни предмети по пътя. Какъв е смисълът да се учи химия или английски? С какво ще са ми от полза? Исках да вляза направо в голямата игра. Тук ми помогна ограничната английска учебна програма, която засилва решителните наставищи учени право към целта им. На 18 години, учех само физика и математика, на 20 – специализирах теоретична физика. Преди да навърша 24 години защитих докторската си дисертация и бях готов да се заема с вселената. Като повечето учени още гледам света с удивление и се питам: „Какъв е неговият смисъл?“. Някой ден ще разбера.

**Редколегията на списание
„Светът на физиката“
благодари на колегите физици,
работещи в ЦЕРН, Женева,
проф. Ботьо Бетев, д-р Петър Христов,
д-р Лъчезар Бетев и д-р Димитър Шиячки
за тяхното щедро и великодушно дарение.**

ОТНОСНО ВРЕМЕТО – Айнщайновата незавършена революция

Част IV

Пол Дейвис

Глава 11. ПЪТУВАНЕ ВЪВ ВРЕМЕТО – ФАКТ ИЛИ ФАНТАЗИЯ?

Този проблем ме смущаваше още по времето, когато се изграждаше общата теория на относителността.

Алберт Айнщайн

Не гледам много сериозно на пътуването във времето.
Артър Кларк

Сигнали към миналото

Подобно на много други, аз четох *Машината на времето* на Х. Дж. Уелс, когато бях юноша, и запазих трайни впечатления от тази книга. До известна степен тя допринесе за моето решение да стана учен. Макар да е била написана цяло десетилетие преди специалната теория на относителността, книга-та на Уелс предугажда някои от особеностите на Айнщайновото време с по-разяваша точност.

Вече няколко пъти подчертавах, че преди Айнщайн учените и философи-те са смятали, че времето *просто го има*. Идеята за *манипулиране* на време-то не е изглеждала особено смислена. Уелс обаче допуска, че времето би могло да се променя от машина, която използва физически сили, и че маши-на с пасажер би могла да пътува във времето също както някои машини могат да пътуват в пространството.

Теорията на относителността свързва пространството и времето с физи-ческите сили и материята. Още от самото начало става ясно, че относител-ността позволява своеобразно пътуване във времето. Ефектът на заздаване на времето при високи скорости или в силно гравитационно поле се отнася до пътуване в бъдещето и това пътуване е напълно реално. Но истински ин-тересният въпрос е дали пътешественик в бъдещето може да „се върне“ об-ратно.

Бръщането назад от бъдещето е равносилно на пътуване в миналото. По този повод теорията на относителността дава твърде неясни предсказания. Преди да се заловим с този въпрос, нека подчертая, че трябва да правим ясна разлика между *обръщане* на времето, което обсъдихме по-рано, и пътуване

във времето. Едното е обръщане на стрелата на времето, докато другото не променя посоката на времето, а е свързано с посещаването на по-ранна епоха. В Гл. 3 стана дума за тахионите – хипотетични частици, които винаги се движат по-бързо от светлината, и че това може да означава движение „назад във времето“. Да изясним защо е така. Когато стреляме с обикновени куршуми по дадена цел, куршумът винаги поразява целта, след като е бил изстрелян. Колкото и бързо да се движи куршумът, в каквото и силно гравитационно поле да става това, последователността на двете събития – „изстрелване“ и „поразяване“ – винаги се запазва.

Това обаче се променя за тахионите. Ако куршумът се движи по-бързо от светлината, тогава е възможно даден наблюдател да види, че куршумът поразява целта, преди да е изстрелян! Куршумът ще изглежда така, като че ли пътува обратно от целта към цвета на оръжието.

Движението на тахионите не позволява на нормалната материя, от каквато сме изградени например ние, да пътува в миналото. Ако обаче съществуват, те биха ни позволили най-малкото да пращаме сигнали в миналото. Тази странна възможност е била добре разбрана от Айнщайн, който заема доста неясна позиция по въпроса., като пише в статията си от 1905, че скости, по-високи от светлинната „не биха могли да съществуват“. А по-късно Едингтън добавя: „граничната скорост на сигналите е нашата крепост срещу обръкането на минало и бъдеще...“

Посещаване на миналото

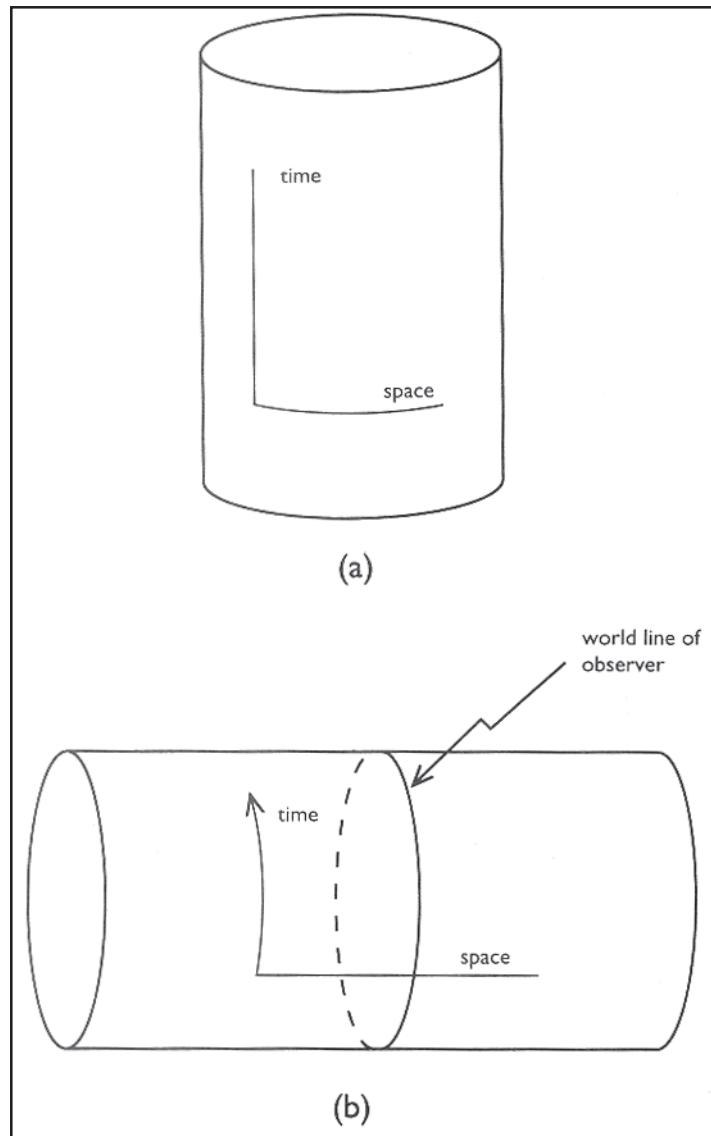
Времето е начинът, по който природата не позволява всичко да става изведенъж.

Джон Уилър

Макар Айнщайновата специална теория на относителността недвусмислено да забранява на обичайната материя (т.е. и на човешките същества) пътуването в миналото, общата теория на относителността не е така категорична. Малко след създаването на втората Херман Вайл посочва, че в пространство-време с особена гравитационна структура световната линия би могла да се самопресече. Според Вайл макар една частица никога локално да не превишава светлинната скорост, глобално нейното бъдеще би могло да се свърже с миналото й. Тази възможност се дължи на факта, че гравитационното поле означава закривеност на пространство-времето. На фиг. 1 е показвано как пространство-времето се затваря в цикъл по два различни начина. В 1(а) пространството се закривява и се затваря в себе си. Ако Вселената има такава геометрия, наблюдалят ще може да пътува около Вселената и да се върне в изходната си точка. В 1(б) пространство-времето е закривено в посоката на времето и се свързва с миналото. В този случай наблюдалел, който

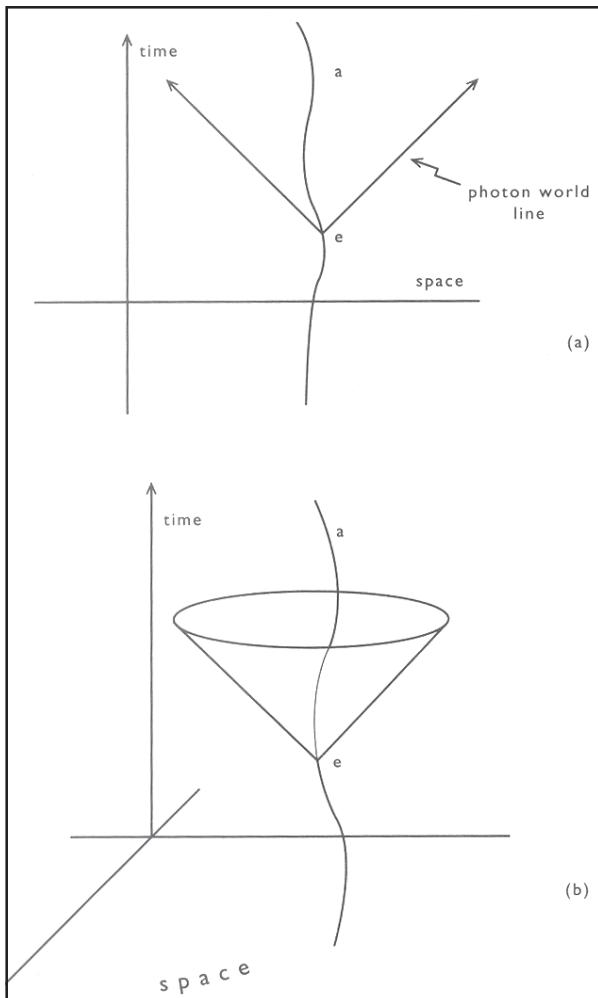
просто е неподвижен в пространството, в крайна сметка ще се върне до по-ранна точка във времето.

Различието между връщане назад във времето при пътуване със свръхсветлинна скорост и при нагъване на самото пространство-време е решаващо и най-добре се илюстрира с въвеждането на понятието „светлинен конус“. На фиг. 2 (а) е показана диаграмма на Минковски с едно пространствено измерение; времето е нанесено вертикално, а пространството – хоризонтално. Показана е и една типична световна линия на обекта А. Включени са също световните линии на два фотона, които са излъчени от А в някакъв момент Е.; единият фотон пътува наляво, а другият – надясно и пътищата им са наклонени прави линии в пространство-времето (пътищата са прави, защото светлината винаги пътува с една и съща скорост). Лесно е да се добави още едно измерение – виж фиг. 2 (б); тогава световните линии на



Фиг. 1. Огъване на пространство-времето до затворени цикли. Показано е времето и едно пространствено измерение. В (а) пространството е затворено, което предполага, че то е с крайна протяжност, така че Вселената би могла да се обиколи. В (б) времето е затворен цикъл, така че статичен наблюдател би могъл „да обиколи“ времето и да стигне до себе си.

*а) пространство; време
б) пространство; време; световна линия на наблюдател*



Фиг. 2. Светлинният конус. (а) в двумерно пространство-време; (б) в тримерно пространство-време.

(а) време; пространство; световна линия на фотон
(б) пространство; време

светлината може да ни върне във времето: ако световната линия на тялото прониже светлинния конус, тя би могла да се завърти във времето и да се свърже със своето минало. Тъй като отхвърляме тази възможност, да преминем към по-допустим сценарий. Ако гравитацията деформира пространство-времето, това ще означава също деформирани светлинни конуси. Гравитационното поле може да наклони полюсите на една страна, тогава и световните линии на телата също ще се наклонят, защото не им е позволено да прониз-

фотоните ще описват обрнат конус с връх Е. Това е т.нар. „светлинен конус“.

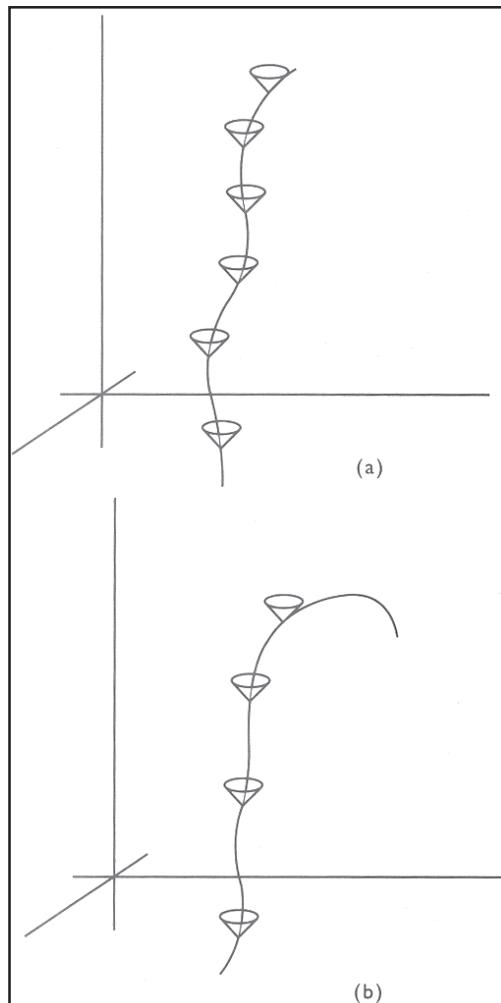
Можем да прекарваме светлинни конуси, чиито върхове съвпадат с кое да е събитие в пространство-времето, и конкретно във всяка точка по световната линия на тялото. Тъй като светлинната скорост е гранична за причината и следствието, ориентацията на светлинния конус определя каузалните свойства на пространство-времето. Тогава правилото, че обикновените материални обекти не могат да превишават светлинната скорост, може да се представи като изискване световната линия на обекта винаги да остава *вътре* в светлинните конуси, възникващи по нея. Това е показано на фиг. 3 (а). Обратно, фиг. 3 (б) показва как частица, ускорена над светлинния бариер, пронизва един от своите светлинни конуси. Според специалната теория на относителността световните линии на обичайните тела не могат да пронизват никой от своите светлинни конуси.

Тези картини поясняват защо движението по-бързо от

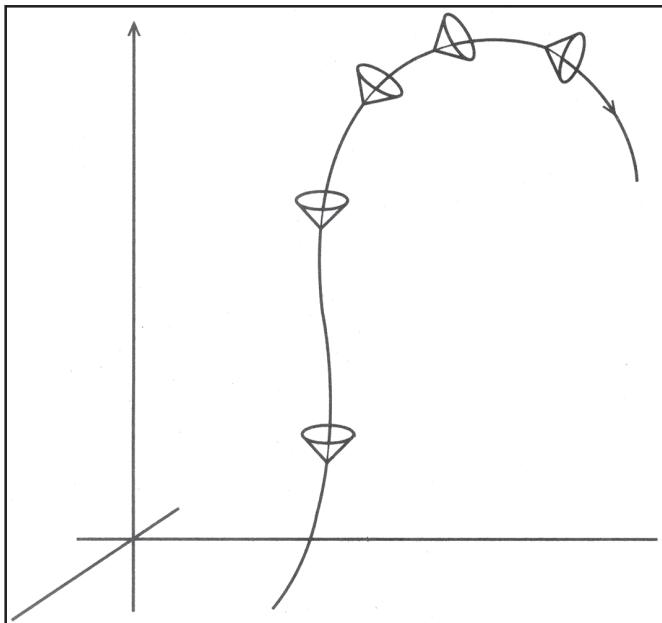
ват конусите. Може да се случи конусите да легнат на едната си страна; това би ставало например върху повърхността на черна дупка. Фиг. 4 показва поредица от светлинни конуси, които постепенно се наклоняват, а заедно с тях се закривява надолу – към миналото – и световната линия на материалното тяло. Ако пространство-времето действително е такова, световната линия може да се закриви и да се самопресече, т.е. тялото ще посети миналото си. Тогава то самото става свое собствено минало. Подобно положение с наклонени конуси е показано на фиг. 5, където световната линия образува затворен цикъл в хоризонталната равнина.

Същественото при тези схеми със светлинни конуси е, че те допускат пътуването във времето да се осъществява, без съответното материално тяло да превишава светлинната скорост. Локално световната линия винаги остава вътре в светлинните конуси и специалната относителност е в сила; глобално обаче структурата със светлинните конуси е така деформирана, че прави възможно световните линии да се самопресичат. При този сценарий пътят към миналото е по никакъв пространство-времеви цикъл, а не „движение назад“ през предишни събития (както подразбира Уелс).

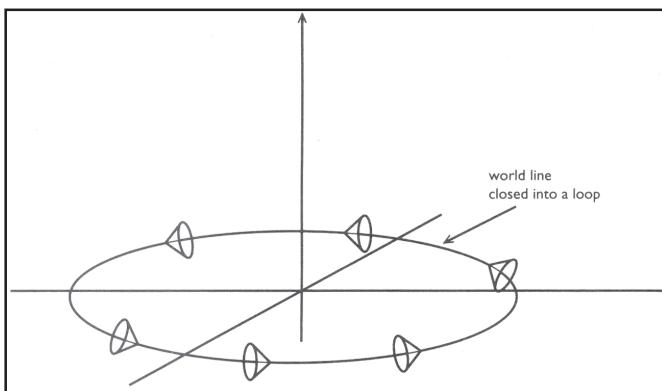
Колкото и екстравагантна да изглежда идеята за самопресичащите се световни линии, такава възможност се съдържа в Айнщайновата обща теория на относителността. Първото решение с цикли на времето е получено от австрийския математик Курт Гьодел – ексцентричен и саможив логик, който е работел в Института за авангардни изследвания в Принстън, където е бил и Айнщайн. През 1949 Гьодел публикува ново решение на гравитационните уравнения, твърде подобно на струк-



Фиг. 3. (a) Световната линия на тялото винаги остава вътре в нейните светлинни конуси; (b) При внезапно ускоряване над светлинната скорост световната линия пронизва светлинен конус; теорията на относителността забранява това



Фиг. 4. Закривяване към миналото под действието на гравитацията. Координатната система е на наблюдател, намиращ се далеч от гравитационното поле.



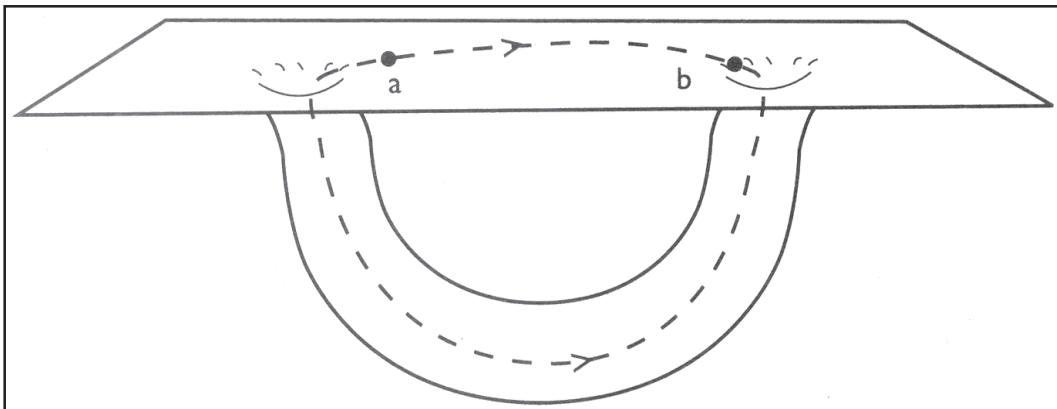
Фиг. 5. Решението на Курт Гьодел. Ако Вселената се върти, светлинните конуси могат да полегнат встри и световната линия на тялото да образува затворен цикъл.
(вътр.:) световна линия в затворен цикъл

Червоядни

Терминът „чревоядина“ също е създаден от Джон Уилър – кръстникът

турата от конуси на фиг. 5. Решението на Гьодел не е много реалистично, защото се приема, че цялата Вселена се върти – нещо, което се изключва от наблюденията. Въпреки това то показва, че в теорията на относителността няма принципна забрана за пътуване в миналото и връщане към бъдещето. Самият Гьодел пише за своето решение: „Ако с космически кораб се направи обиколно пътешествие по достатъчно широк затворен курс, ще е възможно... да се пътува във всяка част на миналото, настоящето и бъдещето“.

След работата на Гьодел Айнщайн признава, че перспективата за пространство-времева геометрия, позволяваща затворени цикли във времето, го е беспокоила още при первоначалната формулировка на общата теория на относителността. Той посочва свързаните с тази възможност физически проблеми и каузални парадокси, но не е категоричен дали решения като Гьоделовото трябва да се отхвърлят от физически съображения.



Фиг. 6. Червоядина в пространството. Дължината на двата пътя може да бъде твърде различна.

на черната дупка. През 1950-те Уилър предсказва възможността две точки в пространството да се свързват по няколко пътя. Първоначалната идея е показана на фиг. 6, където пространството е представено като двумерен лист. Между точките А и В от това пространство може да се мине по горната щрихована линия; но може да съществува тунел – червоядина, – която дава алтернативна възможност. Възможността в общата относителност едни и същи точки да се свързват по *два различни пътя* е още един пример за това, че пространство-времето може да се закриви и да се самопресече, така че да допуска възможност за затворени цикли както в пространството така и във времето.

На пръв поглед пътят през червоядината е по-дълъг, но това е само символично. (Да не забравяме, че пространствено-времевите диаграми могат силно да деформират разстоянията.) Внимателният математически анализ показва, че в действителност червоядините могат да *съкращават* разстоянието между А и В. Това става ясно, ако листът бъде огънат, както е на фиг. 7. Забележително е, че Айнщайн предугажда такъв тип геометрия в работа от 1930-те заедно с Натан Розен. Затова понякога червоядината се нарича „мост на Айнщайн – Розен“. Възможно е астронавт да премине от А до В през червоядината *по-бързо*, отколкото светлината би изминала „нормалния“ път. По този начин астронавтът ще може също да пътува обратно във времето.

Тези идеи за пътуване във времето показват, че в законите на физиката няма нищо, което по очевиден начин да го забранява, макар че циклите във времето могат да се постигнат само посредством екстремна манипулация на материията и енергията. При все това да допуснем, че машина на времето по принцип може да се построи (или да бъде открита в природата). Какви биха били последствията?

Парадокс

*За всяка роля, която играе в нашето мислене,
времето е облечено в различни дрехи.*

Джон Уилър

Пътуването в миналото и даже възможността да се пращат сигнали в миналото отваря кутия на Пандора с парадокси. Най-известният от тях е този на бабата (или на дядото). Да предположим, че пътешественикът във времето се връща в миналото и убива своята баба. В резултат на това този пътешественик никога не би се родил. Но тогава той не би могъл никого да убие, така че би се родил... И в двата случая се сблъскваме с умопомрачително противоречие.

Парадоксът възниква, защото сегашното състояние на света *се определя* от миналото. Така че промяната на миналото може да създаде проблеми, тъй като ще създава разрастващи се ефекти, които неотвратимо се преплитат с настоящето. Даже изпращането на само една субатомна частица назад във времето би могло драматично да измени настоящето състояние на света. Тази частица би могла например да е част от шифрован сигнал, който да причини значителна реакция на получателя и даже да промени хода на еволюцията (например да причини драматична промяна в ДНК молекула).

Парадоксът се заобикаля, ако каузалните цикли са самосъгласувани. Тогава действията на пътешественика във времето вече са вплетени в детерминистичната мрежа, свързваща минало и настояще. Пътешественикът, който смачква бръмбар и изменя еволюцията, ще направи това по начин, който създава точно тези биологични обстоятелства на света, от който той е дошъл. Но убийството на бабите се изключва. Това налага строги ограничения върху свободната воля, но няма друг начин логично да се съгласуват каузалните цикли, свързвани минало и бъдеще.

Свързаните с пътешествието във времето физически и философски проблеми са така стъписващи, че Стивън Хокинг предложи (1992) хипотеза за „опазване на хронологията“, според която природата винаги намира начин да предотврати червоядините и други хитрости за пътуване в миналото. Далеч не всички приемат тази хипотеза, а и не е ясно дали тя се съдържа в съществуващите физически закономерности или се нуждае от нещо ново. Всички известни примери за пътуване във времето имат патологични черти, които биха ги направили практически нефизични или нестабилни. Но без наличието на обща теорема, която за изключва *всички* цикли в пространство-времето, винаги ще има шанс някой хитроумен изследовател да измисли физически реалистичен пример как да изиграе часовника и все пак да оцелее.

Глава 12. ВСЕ ПАК КОЛКО Е ЧАСЪТ СЕГА?

*Подобно на непрестанен поток времето отнася своите синове
Айзък Уотс*

*В действителност времето, този непрестанен поток, има
толкова общо с часовниците, колкото има с кренвиришите.*

Хърбърт Дингъл

Може ли времето наистина да тече?

*Нито едно убеждение не е така абсурдно, че да
не се намери философ, който да не го защитава.*

Майкъл Локуд

Отакто Айнщайн създаде теорията на относителността, физиците като правило отхвърлят идеята, че събитията „стават“, като ѝ противопоставят съвящането, че те просто *съществуват* в четиримерния пространствено-времеви континуум.

Не само физиците се затрудняват да накарат времето да тече. В продължение на десетилетия философите все се опитват да уловят този изпълъзващ се поток и накрая все стигат до езикова бъркотия. Потокът на времето си остава все така загадъчен. Толкова загадъчен, че много философи се чувстват принудени да заключат, че няма никаква река на времето – тя, така да се каже, е само в нашия ум – само „илюзия“.

Що за илюзия може да е това? Една проста аналогия ще ни помогне. Ако се въртим бързо и спрем, светът „продължава да се върти“. Усещането за световъртеж създава впечатлението, че Вселената е в състояние на въртене. Ние, разбира се, знаем, че това не е така. Достатъчно е да вторачим поглед в стена на стаята и *ще видим*, че въртене няма. И все пак имаме *усещането*, че светът се движи. Може би и потокът на времето е също така само усещане и когато втренчим рационален поглед върху събитията на света, това усещане се стапа.

Нереалността на времевия поток заема челно място във философската проблематика още от най-ранни времена. Преди повече от две хилядолетия Парменид смята, че се е справил с идеята за протичащото време, като посочва невъзможността за каквато и да е промяна. Доводът му е просто, че щом всичко е, каквото е, и не може да бъде, каквото не е, тогава нищо не може да се промени от онова, което е, в онова, което не е. Нищо не може да произлезе от нищо и „съществуването“ е самодостатъчно. Не съществуват полумерки, казва Парменид, няма състояние на полуусъществуване и полунесъществуване, при което дадена същност да е на път към *ставането*. Подобни са разсъжденията и на Зенон Елейски, според когото *всякакво движение е невъз-*

можно, тъй като във всеки момент от времето даден видимо движещ се обект в действителност е неподвижен. Зенон разглежда полета на стрела и посочва, че във всеки момент от своята траектория тя заема едно и само едно място в пространството. И тъй като тя не би могла да заема повече от едно място в определен момент, в този момент тя трябва да е неподвижна. А ако това е вярно за всеки един момент, тогава не може да има никакъв вид движение. Светът е в застинало състояние!

Митът за протичащото време

Да предположим, че срещнете извънземно същество, което не разбира какво разбирате под времеви поток. Как ще му обясните това? Как ще опишате да го убедите, че потокът на времето е реален? Можем ли да направим експеримент, който недвусмислено да покаже, че времето тече? В крайна сметка каква реалност може да се припише на явление, което никога не би могло да се демонстрира експериментално? Фактически ние даже нямаме идея какво значи експериментално да се демонстрира потокът на времето. Щом като апаратура, лаборатория, експериментатори, цялото човечество и Вселената като цяло са в този неизбежен поток, как тогава едно късче от Вселената да „спре във времето“, за да регистрира потока в останалата част от нея? То е все едно да твърдим, че цялата Вселена се движи в пространството с една и съща скорост или с други думи – че *пространството* се движи в пространството.

Ето защо някои съвременни философи и физици смятат, че потокът на времето по същество не е илюзия (защото няма измама на сетивата, както е при оптическата илюзия с потопената във вода пръчка, която изглежда пречупена) – потокът на времето по-скоро е мит!

Глава 13. ЕКСПЕРИМЕНТИРАНЕ С ВРЕМЕТО

Колко дълго трае настоящето?

Дотук аз пишех за „сега“ като че ли това буквально е само миг. Но човешките способности не са с безкрайни възможности. Би било прекалено опростенчество да предполагаме, че физическите и менталните събития са в пълен синхрон. Кинематографията се основава върху илюзията, че има движение, когато в действителност имаме последователност от неподвижни образи, които се сменят по 25 кадъра за секунда. Ние не забелязваме прекъсванията. Очевидно е, че „сега“-то на нашето осъзнаване се простира най-малко на 1/25 част от секундата.

В действителност психолозите са убедени, че то може да трае значително по-дълго. Да вземем познатото „тик-так“ на часовника. Фактически то винаги е „тик-тик“, но нашето съзнание ги превръща в единично възприятие

„тик-так“ – само че това става, когато времетраенето между две тикания е по-малко от три секунди. Две или три секунди е, изглежда, времетраенето, за което нашият разум слива постъпващите сетивни данни в цялостно възприятие. Това кара чешкия поет Мирослав Холуб да заключи, че „нашето ето трае до три секунди..., а всичко останало е или надежда, или смущаващо съвпадение“.

От друга страна човешките същества със сигурност могат да извършват някои съзнателни действия, каквото е натискането на автомобилните спирачки, за много по-кратко време. При свирене на пиано движенията на пръстите са с неуловима скорост и са подчинени на идеята за мелодия: самият пианист не прави отделните движения по осъзнато намерение. Може да се каже, че съществуват много „сега“ с различна трайност в зависимост от това какво правим. Хората, които практикуват медитация, твърдят, че могат по-вече или по-малко да се изключат от усещането за поток на времето, като се изолират от околните събития.

Психолозите са разработили някои остроумни начини за изучаване на човешкото „сега“. Да си спомним за подскачащите филмови кадри, които се сливат в непрекъснат поток на съзнанието. Това се нарича „фи феномен“. Неговата същност се проявява при експерименти в затъмнена стая, където две малки светли петна се появяват в бърза последователност и на малко разстояние едно от друго. Изследваните хора твърдят, че виждат не последователност от петна, а единично петно, движещо се напред и назад. Обикновено светванията траят 150 милисекунди и са разделени с интервал от 50 милисекунди. Очевидно е, че мозъкът някак-си „запълва“ тази празнина от 50 милисекунди. Предполага се, че това става след самото събитие, защото до светването на второто петно субектът не може да знае, че то се движи. От тук можем да заключим, че човешкото „сега“ не е едновременно със зрителния импулс, а малко закъснява, като по този начин дава на мозъка време да реконструира станалото преди няколко милисекунди.

Субективно време

Повечето психолози споделят мнението, че формулирането на ясно съвпадане за времето е функция на висшата нервна дейност. Възможно е хората единствени да притежават богато развито чувство за темпоралност. Разбира се, някои от основните аспекти на това чувство трябва да се притежават от много животни и да произтичат от вътрешните биологични часовници, регулиращи дейностите на организмите. Според биолога Джей Гулд тези часовници, а следователно и *темпото* на живот, зависи до голяма степен от телесния размер:

„Свикнали сме да смятаме абсолютното Нютоново време за единствен еталон в рационалния и обективен свят. Намираме движенията на мишката

забавно бързи, а мудността на хипопотама ни се струва досадна. Но всяко животно притежава скорост, която съответства на неговия собствен биологичен часовник. Малките животни са като бърз часовник, тяхното горене е бързо и те живеят по-кратко време; големите бозайници живеят дълго и чинно. Но, измерени по техните вътрешни часовници, бозайниците с различни размери живеят почти еднакво дълго“.

Споменатото тук темпо на активността включва скоростите на дишане, сърденния пулс и хранителния метаболизъм. Тези функции имат точно същите математически мащабни закони с телесното тегло и продължителността на живота. Например сърцето на мишката бие няколко пъти по-бързо от човешкото, но мишката също живее по-малко. Интересният въпрос е дали мишката *чуства* нещата за своя двегодишен живот така, както ние ги чувстваме за нашите седемдесет години? С други думи психологическото време „протича“ ли с различни скорости за мишката и за човека?

Отговорът според мен по-скоро зависи от скоростта на мисленето отколкото от физическите рефлекси и мускулните функции. Доколкото ми е известно, всички бозайници имат приблизително еднаква „мисловна скорост“ (измервана по скоростта на нервната дейност), така че мишката наистина има къс, макар и напрегнат живот.

Колкото и привлекателен да е този прост възглед за психологическото време, той все пак е твърде голямо опростяване. Субективните впечатления за времето очевидно са нещо повече от праста мярка за скоростта на мозъчната дейност. Това показваха експериментите на психолога от Филаделфия Стюарт Алберт. Той затварял доброволци в стая, където стенният часовник изкусно е нагласен да се движи двойно по-бързо или двойно по-бавно, без хората да знаят това. Забележително е, че те изобщо не осъзнават измамата, като автоматично се адаптират към променените показания на часовниците. Например била е проверявана паметта и е установено, че забравянето се ускорява за групата с бързия часовник в сравнение с тази с бавния часовник. Макар нашите основни ментални и физиологични функции да се регулират от относително точните неврологични и химически часовници в нашия организъм, все пак те като че ли не са тясно свързани със самото осъзнаване на времето.

Смятам, че съзнателното усещане за време по-вероятно е свързано с чувството за идентичност на личността – понятие, което се развива заедно с езика, изкуството и културата. Затова още по-удивително е, че такова сложно и изтънчено понятие, каквото е времето, може да играе такава важна роля в обективното описание на физическия свят. Математиката и времето са двете големи абстракции, които дават началния тласък на науката. И двете са продукти на висшия човешки интелект. Удивително е, че тези две производни понятия намират толкова плодотворно приложение при фундамен-

талните природни процеси. Галилей, Нютон и Айнщайн – всички те избират времето за централен концептуален стълб, около който строят научната картина на физическата реалност. И все пак, когато надзърнем в собствения си ум, за да потърсим основите на своя опит с времето, нещата като че ли се разпадат и остават само загадки и парадокси.

Затова, след като подчертава, че Айнщайновото време е част от истината за времето, японският философ Мазанао Тода продължава:

„Няма съмнение, че физиците успяха да уловят известна важна част от времето в своята капсула, наречена t , но също така е сигурно, че това не е цялото време. Нашата интуиция надава вик, за да ни каже, че времето е нещо, което тече, за разлика от физическото време, което е неподвижно и замръзнало.“

Задният вход на нашия разум

Времето е посредникът между възможното и актуалното

Дж. Уитроу

Присвоявайки времето за своите нужди и правейки го абстрактен математически параметър, физиците го лишават от много от първоначалното му, човешко съдържание. Тук физикът би отвърнал: „Нашето време е истинско-*то*; богатството на човешкото психологическо време произтича изцяло от субективни фактори и няма връзка с вътрешно присъщите качества на реалното физическо време“, след което подобно на всички други ще се гмурне в сложностите на ежедневието и на човешкото време.

Дали просто да не оставим човешкото възприятие за времето настани – като предмет само на психологията? Може би времето като променящо се съзнание няма нищо общо с времето на Нютон или на Айнщайн? Нима нашето възприятие за поток на времето или за минало, настояще и бъдеще не ни казва нищо относно това какво *е* времето, а не как то изглежда на обърканите човешки умове?

Като физик добре разбирам до какви заблуди може да ни води интуицията. Нали интуицията ни подсказва, че Слънцето се върти около Земята? И все пак като човешко същество на мен ми е невъзможно да се освободя от усещането за протичащо време и за движещ се настоящ момент. Това е залегнало така дълбоко в моя опит за света, че не мога да допусна мисълта да е само илюзия или грешно възприятие. Струва ми се, че съществува някакъв много важен аспект на времето, който ние сме пропуснали при нашето описание на физическия свят.

Това смущение се споделя от много учени, които смятат, че трябва да съществува някакъв тънък физически процес, който „*кара* времето да тече“ или поне да изглежда така. Тук учените се делят на такива, според които

въпросният процес е общ за цялата Вселена, докато според други той е особеност само на човешкия разум, който ни създава усещането за поток на времето. Към лагера на първите принадлежи например Пригожин (*От съществуване към ставане*, 1980), според когото статистическото разглеждане на някои физически процеси, например хаотичните процеси, включва слаба времева асиметрия, от която на най-основно равнище произтича времева насоченост. Във втория лагер са физици като Пенроуз (*Новият разум на царя*, 1998), които смятат, че отговорът е в квантовата физика и загадъчните мозъчни процеси, които съпровождат процесите на наблюдение.

Това трескаво търсене на „липсващата брънка“ между противата субективно време и замразеното блоково време на физиката има дълга история. Видяхме как древногръцките философи подчертават различието между *съществуване* – свойството на трайното наличие – и *ставане* – промяната във физическите системи. Еингтън (*Природата на физическия свят*, 1929) посочва, че нашето впечатление за ставане или за противично време е така силно и дълбоко залегнало в нашия опит, че то трябва да съответства на *нещо* в обективния свят: „Ако възприемам идеята за съществуване, защото аз самият съществувам, аз също възприемам идеята за ставането, защото аз самият ставам. Именно най-дълбочинното *Ego* на всички *e* и *стava*.“ Еингтън допуска, че ние възприемаме времето по два различни начина. Първият е посредством нашите сетива и става по същия начин, по който възприемаме пространствените взаимоотношения. Но съществува също така и втори начин, нещо като таен „заден вход“ към нашите умове, който ни дава възможност да усещаме времето непосредствено:

„Когато затворя очите си и се оттегля в своя вътрешен свят, аз усещам себе си траен във времето, а не протяжен. Именно това усещане за време оказва влияние върху нас, а не просто като съществуване във взаимовръзките на вънните събития; от друга страна пространството винаги се възприема като нещо вънно.“

Неотдавна и Роджър Пенроуз също писа за „вътрешното време“ по приблизително същия начин:

„Според мен има сериозни разлики между нашите съзнателни усещания за течение на времето и (великолепно точните) теории, описващи действителността на физическия свят. Тези несъответствия би трябвало да ни казват нещо важно за физиката, лежащо в основата на съзнателните ни възприятия... (по превода на Н. Вълчанов, с. 370).“

Така че потокът на времето, нещо толкова дълбоко залегнало в съществуването ни, продължава да е мъчителна загадка. Склонен съм да приема казаното от Еингтън и Пенроуз, че на нас ни липсва нещо много съществено от физиката на времето. В нашите тела липсва „орган на времето“, подобен на органите на зрението и слуха. И все пак съществува вътрешен усет за

време – никакъв заден вход, – заровен дълбоко в човешкото съзнание и тясно свързан с нашето чувство за персонална идентичност, както и с непоколебимото убеждение, че бъдещето е все още „открито“ и може да бъде моделирано от нашите действия.

Има нещо иронично в това, че Айнщайновото време, след като постави наблюдателя в централно положение, не отдели никакво внимание на личното усещане за поток на времето или за минало, настояще и бъдеще. В това отношение то малко се различава от времето на Нютон и Лаплас. Подобно на Лаплас и Айнщайн е убеден детерминист. За него квантовата физика е неприемлива с присъщите ѝ неопределено и индетерминизъм. И все пак, както отбелязахме още в Гл. 1, в детерминистичния свят бъдещето вече се съдържа в настоящето и не се случва нищо истински ново. В такъв свят деленето на времето на минало, настояще и бъдеще е безсмислено занятие, защото състоянието на Вселената в един момент съдържа цялата информация за нейните състояния в по-късни моменти. „Разгръщането“ на бъдещето не е нищо повече от въплъщение на чистата логика в математическите закони на динамиката. Както самият Лаплас отбелязва през 1819, „една свръхинтелигентна сила с пълно знание за детерминистичната Вселена не би имала никакво чувство за време: бъдещето и миналото ще се представят равноправно пред очите му“. Айнщайновото време, въпреки ограничението, свързано със зависимостта му от наблюдателя, продължава да е в лоното на Лапласовия детерминизъм и до причинно-следствената верига, в която предопределенето на света е запечатано върху тъканта на природата от самото начало на нейното съществуване.

Ако отъждествяваме Айнщайновата теория на относителността със съвременната ера във физиката, тогава аз твърдя, че съвременната физика няма да разреши загадката на времето. Но *постмодерната* физика би могла. Две изследователски области изглеждат перспективни в това отношение. Едната е теорията на хаоса, а другата – квантовата механика. И двете въвеждат никакъв вид индетерминизъм в природата. Хаотична е такава система, която макар в строго математически смисъл да е детерминистична, все пак е така чувствителна към най-малките смущения, че всяко смислено предсказание за дълъг срок е изключено. И най-малките смущения непрестанно се усилват, докато поведението на системата стане напълно случайно и непредсказуемо. Теорията на хаоса посочва, че много физически системи са хаотични, но някои от тях, какъвто например е човешкият мозък, действат „на ръба на хаоса“ – един любопитен и слабо известен режим, който обединява новост и откритост в една подредена активност, позволяваща на системата да изучава богата гама от алтернативни състояния, без да изпада в анархия. Това, както изглежда, обхваща някои от елементите на човешката свободна воля.

Квантовата механика, подобно на относителността, също отрежда цент-

ралната роля на наблюдателя, но по един по-съществен начин. В квантовата физика актът на наблюдението служи за конкретизирането на иначе неопределеното физическо състояние. Както вече обяснихме, квантовите състояния включват, изобщо казано, множествени припокриващи се фентомни реалности. По-точно казано, тези алтернативни светове са *кандидати* за реалност – статистически очаквания, а не реално съществуващи физически вселени, – претопени в гъвкава амалгама. Когато няма наблюдение, този коктейл от насложени светове еволюира като цяло, но когато *изследваме* събития в квантовата област, ние наблюдаваме конкретна, единична реалност, а не призрачна суперпозиция на светове. Този „колапс“ на множествени възможности, на статистически очаквания, в една уникална актуалност остава една от големите нерешени загадки на физиката.

Мнозина учени стоят твърдо на мнението, че „конкретизирането“ на квантовата реалност няма нищо общо с разума, но други смятат, че загадката на „колапса“ и загадката на съзнанието са тясно свързани помежду си. Например Еингтън и Бонди, а също философи като Ханс Райхенбах и Джералд Уитроу твърдят, че потокът на времето или феноменът на „ставането“ се корени в този квантов процес на „колапс“. Ето какво казва Бонди: „*Потокът на времето е без значение в логически зададената схема на детерминистичната теория, където времето е само една координата. В теорията с недетерминираност обаче протичането на времето превръща статистическите очаквания в реални събития.*“

Роджър Пенроуз, Джон Екълс и други търсят обяснението на протичането на времето в действието на самия човешки мозък, като се опират на дръзкото предположение, че някои мозъчни процеси са квантовомеханични по самата си същност. Макар че на този етап липсва твърда експериментална подкрепа за тази теория, тя все пак представлява интересна перспектива за изследване.

Опитите да бъде обяснен потокът на времето с помощта на физиката, вместо да се опитваме да го снемем с помощта на философията, вероятно са най-вълнуващите съвременни насоки в изучаването на времето. Изясняването на загадъчния поток би помогнал повече от всичко друго за разплитането на една от най-дълбоките научни загадки – природата на човешкото „Аз“. Докато не се сдобием с ясна представа за потока на времето или с необоримо свидетелство, че това действително е само илюзия, ние няма да знаем нито кои сме, нито каква роля играем във великата космическа драма.

Глава 14. НЕЗАВЪРШЕНАТА РЕВОЛЮЦИЯ

Дейвид Дойч, физик от Оксфордския университет с подчертан интерес към необичайното, веднъж посочи, че историята на физиката е история на

отмъкване на теми от философията. Природата на движението, строежът на космоса и съществуването на атомите например започват все като чисто съзерцателни твърдения, обсъждани от древногръцките философи. Днес те съставят основните направления във физиката. Даже геометрията, за която някога се е смятало, че принадлежи на чисто Платоновото царство на идеализираните математически форми, с развитието на теорията на относителността се превръща в експериментална наука. Следващ в списъка може да се окаже въпросът за съзнанието.

Природата на времето е една от централните теми на ранната философска мисъл и е оставала такава в продължение на векове. Загадките на времето обаче отиват далеч извън философията, навлизат в религията, политиката и накрая в науката, където в продължение на три столетия времето се разглежда просто като концептуална „даденост“, освободена от капаните на субективността. През 1905 Айнщайн отスクубва времето от философията и го поставя в самата сърцевина на физиката. То изведнъж се превръща във физическа величина, в обект на закони и уравнения, в нещо, което предполага експериментално изследване. Почти столетие по-късно нашето разбиране за времето получи огромно развитие, но въпреки това Айнщайновата революция очевидно е само началото. Още сме много далеч от решението на загадката на времето.

И така, кои са основните въпроси, които не са получили отговор в тази незавършваща история на времето? Тук привеждам моя личен списък на дузина най-важни нерешени загадки (не по ред на важност), към които трябва да насочим вниманието си.

1. Тахионите: можем ли да ги изключим от сметката?

Специалната теория на относителността е проверена с безprecedентна точност и на пръв поглед е неуязвима. Но тахионите са проблем. Макар да са разрешени от теорията, те носят със себе си най-различни неприятни свойства. Физиците биха се радвали да ги изключат веднъж и завинаги, но им липсва убедително доказателство за несъществуване. Докато такова не бъде построено, не можем да сме сигурни, че изневиделица няма да бъде открит тахион.

2. Черни дупки: наистина ли те съществуват?

Най-драматичното предсказание на общата теория на относителността без съмнение е черната дупка, но все още очакваме категорично потвърждение, че в реалната Вселена съществуват безкрайни деформации на времето. Астрономите усилено търсят и трупат все повече свидетелства за съществуването на черни дупки. Лично аз ще бъда удивен, ако се окаже, че те не съществуват. Но ако съществуват, ще последва цял куп въпроси. Действително

ли има край на времето – сингулярност – в центъра на всички черни дупки? Могат ли черните дупки да образуват тунели или мостове до други вселени и даже да се превръщат в червоядини, които се промъкват обратно в нашата Вселена? Какво става с материите, която попада в тях? Съществуват ли такива обекти като бели дупки?

3. Пътуване във времето: дали е само фантазия?

Изследването на екзотични пространство-времена, които биха позволявали пътуване в миналото, ще продължи активно и занапред. Засега пробивът в известните закони на физиката, който би позволявал пътуване във времето, е твърде малък. По времето, когато се пишат тези редове, не са известни реалистични сценарии за пътуване във времето. Но, както е и при тахионите, поради липса на доказателство за несъществуване, възможността ще трябва да стои на дневен ред. А заедно с това и свързаните с нея парадокси ще продължат да ни тормозят.

4. Кvantови въпроси.

Квантовата област е страна на чудесата, изпълнена с тайнствени и смущаващи гатанки на времето. Времето играе твърде основна роля в квантовата физика, но въпреки това участва в теорията по неповторим начин, който налага както неговото изучаване, така и анализа на свързаните с него загадки. Относителността на времето трудно се съгласува с квантовата картина на един свят, където преходите и „конкретизацията“ или „колапсът“, свързан с измерванията, очевидно стават мигновено и в определени моменти. Трудността възниква, когато квантовите състояния се окажат преплетени на големи пространствени разстояния и се правят едновременни наблюдения. Самото измерване на времето прелива от проблеми, защото самите часовници са физически обекти, които са повлияни от квантовата неопределеност.

5. Дали времето не е само една реликва?

Трудностите стават особено остри, когато се стигне до прилагане на квантовата механика към гравитацията, защото тогава самият пространствено-времеви континуум се подчинява на квантовата неопределеност. Мненията на специалистите се разделят: дали да се фиксира някакъв вид „върховно“ време, което да служи като естествена мярка за изменението в този физически несигурен свят, или времето по дефиниция да бъде напълно изключено от съществуване. Загадката на изчезващото време кара някои да смятат, че времето е обречено да бъде изключено като фундаментална физическа същност, което пък за други звучи чудовищно и абсурдно. Нима е възможно да стане така, че след хилядолетни размишления относно времето в крайна сметка да открием, че то в действителност не съществува като основна съставна част на реалността, а е само някакво приблизително свойство на едно особе-

но квантово състояние, което по една случайност е останало от Големия взрив?

6. Произход на времето.

Модната теория, според която времето е възникнало с Големия взрив, вероятно е най-значителният открит проблем, повдигащ най-различни (навсярно нерешими) въпроси относно каузалността, Бог и вечността. Ако времето е съществувало преди Големия взрив, ние ще трябва да обясним какви физически процеси са предшествали това драматично и бурно събитие и как то е било причинено. Ако Вселената винаги е съществувала, също се натъкваме на фундаментални проблеми относно стрелата на времето. Ако, от друга страна, времето наистина се е „включило“ при Големия взрив, вероятно в резултат на квантови процеси, тогава отново се изправяме пред не по-малко трудни проблеми. Ако процесът е бил уникален, можем ли да го разглеждаме в някакъв смисъл като естествен (а не свръхестествен)? А ако не е бил уникален и пространство-времената волю-неволю са възниквали, това няма ли да ни принуждава да вярваме в безкраен брой вселени и безкраен брой времена?

7. Възрастта на Вселената

Трънливият проблем за възрастта на Вселената отново се появява начело в дневния ред. Приемани в буквален смисъл, измерванията върху скоростта на разширяване на Вселената и резултатите на СОВЕ, в съчетание с някои реалистични предположения относно тъмната материя, водят до абсурдното заключение, че във Вселената съществуват обекти, които са по-стари от Вселената. Ако това е така, цялата теория на Големия взрив е под въпрос. С малко натъкмяване и изкусурване проблемът беше пъхнат под чердято, защото наблюденията все още са доста неточни. Всичко това обаче ще се промени. С телескопа „Хъбъл“, който вече работи на пълно натоварване, вероятно не след дълго ще разполагаме с много по-надеждна стойност на константата на Хъбъл (сегашната скорост на разширяване). Ако за тази стойност се получи нещо над 70, ние сме в истинска беда. Следете новинарските емисии!

8. Космологичният член – грешка или триумф?

Колкото и неприятен да е за мнозина учени космологичният член в уравненията на Айнщайн, не е известна причина, поради която той да бъде изключен. Ако бъдещите наблюдения потвърдят трудността с машаба на времето, тогава Айнщайновата най-голяма грешка ще осигури впечатляващ и твърде подходящ начин да бъде запазена теорията на Големия взрив. Ако се окаже, че космологичният член не е необходим за тази цел, това няма да е доказателство за неговото несъществуване. Проблемът „космологична константа“ (нулева ли е тя и ако да, то защо?) все още предстои да бъде решаван.

9. Отвъд стандартната теория?

Малцина са физиците, които вярват, че Айнщайновата обща теория на относителността е последната дума за времето. Освен проблемите, възникващи при нейното обединяване с квантовата механика, съществуват съмнения доколко тя ще продължи да е валидна по целия път към пространствено-времевите сингулярности или при екзотичните обстоятелства на възможни цикли на времето. Свързаните проверки на теорията с прилагането на бързо напредващата технология на точните часовници вероятно ще посочи най-добрия начин за изследване на нейните граници. В частност ще трябва да бъде проверена възможността за съществуване на повече от една скала на времето. Ако съществува множественост на времената, тогава следствията за космологията и за проблема, свързан с възрастта на Вселената, ще са фундаментални.

10. Стрелата на времето

Загадката на стрелата на времето е най-старият проблем в науката за природата на времето; тя предхожда даже теорията на относителността. Тясно е свързана с въпроса за произхода и възможния край на Вселената. Повечето учени са на мнение, че източникът на асиметрията, т.е. посоката на времето, може в крайна сметка да се проследи до космологията и едромащабното поведение на Вселената, но точният характер на тази връзка остава неясен и спорен. Теорията, че могат да съществуват пространствено-времеви области, в които времето „тече назад“, или че цялата Вселена може да е симетрична по времето и даже циклична във времето, все още е популярна в някои среди. Все още има широк простор за по-нататъшни изследвания и за спорове.

11. Нарушаване на времевата симетрия

Откритието, че каоните нарушиват симетрията на времето, стимулира много изследвания за такова нарушение в други области на физиката на елементарните частици, но те засега са безуспешни. Търсенето на електрични диполни моменти в неutrona и в различни молекули обещава да изясни загадката за наруширането на симетрията минало – бъдеще и каква може да е нейната връзка със стрелата на времето в космологията.

12. Потокът на времето – разум или материя?

По мое мнение най-значителната нерешена загадка е свързана с яркото несъответствие между физическото време и субективното или психологическото време. Експериментите върху човешкото възприятие за времето са в детски стадий; предстои да научим много относно начина, по който мозъкът представя времето и как то е свързано с нашето усещане за свободна воля.

Господстващото впечатление за протичащо, движещо се време, добито вероятно през някаква ментална „задна врата“, е твърде дълбока загадка. Дали тя не е свързана с квантови процеси в мозъка? Отразява ли тя обективно реално количество време, намиращо се „извън нас“ в света на материалните обекти? А може в крайна сметка да се окаже, че потокът на времето е изцяло конструкция на ума – илюзия или заблуда.

Лично аз смятам, че се приближаваме до критичен момент в историята, когато нашето знание за времето ще направи голям скок напред. Айнщайн ни оставил важно завещание. Той показва как времето е част от физическия свят и ни даде една великолепна теория, в която времето се преплита с пространството и материията. През двадесетия век учени от старателно изследваха – теоретично и експериментално – следствията от Айнщайновото време. Така те разкриха някои смущаващи и странни възможности, много от които се оказаха верни. Но заедно с това се натъкнаха на огромни препятствия по пътя към цялостното разбиране за времето, откъдето става ясно, че Айнщайновата революция остава незавършена. Вярвам, че нейното завършване ще бъде най-голямото предизвикателство пред науката на двадесет и първи век.

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

Подбор и превод: **М. Бушев**

**АБОНАМЕНТ
За сп. „Светът на физиката“**

- на адреса на редакцията – ул. Джеймс Баучер № 5
 - в канцеларията на СФБ
- в канцеларията на Софийския клон на СФБ
- във всяка пощенска станция – кат. № 1686

Годишен абонамент – десет (10) лева

Намаление за ученици, аспиранти и пенсионери – пет (5) лева

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТОМ XXX

НОБЕЛОВИ НАГРАДИ

НАУКАТА

- Хр. Протохристов – Реликтовото излъчване (Нобелова награда по физика за 2006)
- Х. Пийчман – Неутриното – минало, настояще и бъдеще
- Д. Грос – Нобелова лекция: Откриването на асимптотичната свобода и раждането на теорията на силните взаимодействия
 - Част 1
 - Част 2
- Л. Форо, К. Шоненбергер – Въглеродните нанотръбички – материали на бъдещето
- Л. Смолин – Криза във фундаменталната физика
- Д. Динев – Възможно ли е движение със скорост по-голяма от скоростта на светлината във вакуум? Експеримент на Л. Уанг и сътрудници
- М. Дурани, П. Роджерс – Физиката: минало, настояще и бъдеще
- Д. Динев – Кvantов тунелен ефект и движение със свръхсветлинна скорост
- М. Ливио – Десетте най-важни открития на „Хъбъл“
- М. Бушев Стандартен и инфлационен модел на вселената

ГОДИШНИНИ

- И. Т. Тодоров – Логика и вяра: сто години от рождениято на Курт Гьодел (1906-1978)
- Д. Динев – Първият изкуствен спътник на Земята

ФИЗИКА И ПРИЛОЖЕНИЯ

- Ч. Стоянов, Хр. Протохристов – Международна конференция по ядрени методи за неядрени приложения

ФИЗИКА И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА

- Ф. М. Митенков – Реактори с бързи неutronи и тяхната роля за развитието на ядрената енергетика

CONTENTS OF VOL. XXX

NOBEL PRIZES 373

THE SCIENCE

- Chr. Protochristov – The cosmic background radiation (The Nobel prize for Physics, 2006) 1
- H. Pietschman – The Neutrino – Past, Present and Future 14
- D. Gross – Nobel lecture:
The discovery of asymptotic freedom
and the emergence of QCD
 - Part 1 125
 - Part 2 249
- L. Foro, C. Schoenenberger – Carbon nanotubes – materials for the future 142
- L. Smolin – A crisis in fundamental physics 154
- D. Dinev – Possibility of motion with higher than the speed of light in vacuum velocity. The experiment of L. Wang 259
- M. Durrani – Physics:
past, present, future 377
- D. Dinev – Quantum tunneling and superluminal motion 394
- M. Livio – Top ten discoveries of Hubble 412
- M. Bushev – Standard and inflation model of Universe 422

ANNIVERSARIES

- I. Todorov – Logic and faith: Centennial of Kurt Goedel 25
- D. Dinev – The first artificial satellite of the Earth 52

PHYSICS AND APPLICATIONS

- Ch. Stoyanov, H. Protochristov – International conference on nuclear methods for nonnuclear applications 163

PHYSICS AND NUCLEAR ENERGY

- F. M. Mitenkov – Reactors on fast neutrons and their role for the development of nuclear energetic 174

ИСТОРИЯ

- Н. Ахабабян – Френската атомна бомба: политиката като средство за постигане на научно-технически цели
- Н. Балабанов – Феноменален учен, гениален изчислител, любимец на монархите (300 години от раждането на Л. Ойлер)

PERSONALIA

- Проф. Румен Божков на 75 години
- 70-годишен юбилей на проф. Никола Балабанов
- М. Замфиров – Очерк за проф. Борис Стойчев
- Иван Ганчев – Проф. Емануил Иванов – живот и дейност
- Радетелят на приложната оптика у нас Александър Банков навърши 80 години

НАУКА И ОБЩЕСТВО

- Ю. М. Каган – Да надникнем отвъд хоризонта
- Н. Велчев – Всички дефекти на участието с комбиниран фиш в тото игрите
- Н. Балабанов – Работно съвещание „Ядрена физика и общество“

ФИЗИКА И МЕТАФИЗИКА

- С. Уайнбърг – А какво да кажем за бога?
- К. Хъмфрис – Науката и чудесата на библейския изход
- М. Бушев – Метаматематиката на Гьодел и съвременната (мета)физика
- С. Ф. Вайцзекер – Копенхагенската интерпретация
- А. С. Стефанов – Размишления върху идеята за много светове

НАУКА И ЛЪЖЕНАУКА

- В. Сурдин – Защо астрологията е лъжа?

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

- И. Лалов – Шеста генерална конференция на ВРУ-6, Истанбул, 2006
- И. Лалов – Втори национален семинар „Наука на сцената“

HISTORY

- N. Ahababian – The French atomic bomb: Politics as a tool for accomplishment of research goals 184
- N. Balabanov – A prodigious scientist, genius calculator, favorite of monarchs (300 years from the birth of L. Eiler) 305

PERSONALIA

- Prof. R. Bojkov at 75 89
- 70 years anniversary of prof. Nikola Balabanov 334
- M. Zamfirov – A note about prof. Boris Stoichev 336
- Ivan Ganchev – Prof. E. Ivanov – life and activities 447
- The pioneer of applied optics in Bulgaria A. Bankov at age of eighty 460

SCIENCE AND SOCIETY

- Yu. M. Kagan – A glimpse beyond the horizon 201
- N. Velchev – All defects in participation with combined form to play the pools 290
- N. Balabanov – Workshop „Nuclear physics and society“ 462

PHYSICS AND METAPHYSICS

- S. Weinberg – What about God? 64
- C. Humphreys – Science and the Miracles of Exodus 81
- M. Bushev – Metamathematics of Goedel and contemporary (meta)physics 272
- C. F. Weizsäcker – The Copenhagen interpretation 280
- A. S. Stefanov – Some thoughts about the idea for many worlds 425

SCIENCE AND PSEUDOSCIENCE

- V. Surdin – Why the astrology is a lie? 315

THE UNION

- I. Lalov – 6th general conference BPU-6, Istanbul 2006 91
- I. Lalov – 2nd national festival „Science on stage“ 220

- Р. Дюлгерова – Ехо от деветия зимен семинар на младите физици
- Проф. Фридрих Вагнер – Обръщение на новоизбрания президент на Европейското физическо дружество

КНИГОПИС

- Б. Гълъбов – Стефан Иванов: Теоретична и квантова механика
- Л. Вацкичев – за книгата на Николай Велчев „От ума и сърцето“
- Ф. Д. Дайсън – Мъдрец
- Емилия Здравкова – Гравитационно приключение
- Н. Ахабаян – Идеите на третата култура: в какво вярваме, но не можем да го докажем
- Л. Вацкичев. За книгата на А. Апостолов „...И физик но този свят...“

ВМЕСТО КНИГОПИС

- Интелектуален промискуитет
- П. Дейвис – Зовът на космологията

ФИЗИКА И ЛИРИКА

- В. Дончев – Физика за деца

НАГРАДЕНИ ФИЗИЦИ

- Наградата „Акад. Е. Джаков“ за 2006 г.
- Л. Вацкичев – Честито, колега Георгиев

ИНТЕРЕСНО НАБЛЮДЕНИЕ

- Х. Дичев – Диполно-делителна равнина

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

- П. Дейвис – Относно времето: Айнщайновата незавършена революция
 - Част 1
 - Част 2
 - Част 3
 - Част 4

- R. Dylgerova – Echo from the 9th winter workshop of young physicists 222
- F. Wagner – The new President of European Physical society 295

BIBLIOGRAPHY

- B. Galabov – Stefan Ivanov: Theoretical and Quantum Mechanics 93
- L. Vatzkichev – About the book by Nicolay Veltchev 96
- F. J. Dyson – Wise man
- E. Zdravkova – Gravitation adventure 219
- N. Ahababian – The ideas of third culture: What we believe in, but cannot prove? 341
- L. Vatzkichev. About the book by A. Apostolov „A physicist in this world“ 464

INSTEAD OF BIBLIOGRAPHY

- Intellectual promiscuity 466
- P. Davis – The appeal of cosmology 467

PHYSICS AND LYRICS

- V. Donchev – Children's physics 124

AWARDS

- The award acad. „E. Djakov“ for 2006
- L. Vatzkichev – Congratulations, Dr. Georgiev 225

INTERESTING OBSERVATION

- Ch. Dichev – Dipole-separating plane 208

SERIAL

- P. Davies – About Time: Einstein's unfinished revolution
 - Part 1 98
 - Part 2 227
 - Part 3 349
 - Part 4 473