

# ПРИРОДНИ ЯДРЕНИ РЕАКТОРИ

Христо Протохристов

*В края на архайската ера, когато първичните елементи земя, въздух, огън и вода формират в яростно противоборство лицето на Земята, когато атмосферата е наситена с отровни газове и изпарения, а примитивният живот е все още в зародии, дълбоко под повърхността започва верижна ядрена реакция – сложен процес, за чието осъществяване преди шестдесет и две години бе необходима целенасочената работа на едно поколение гениални учени и инженери. В светлината на този странен феномен, овладяването на ядрената енергия – едно от най-големите постижения на съвременната цивилизация, се оказа повторение на невероятния сценарий, който Природата осъществява преди два милиарда години. По това време съкупност от случаености създава ипуска в действие няколко ядрени реактора. Групирани близко един до друг, на територията на днешна Западна Екваториална Африка, те образуват истинска праисторическа ядрена централа. Неотдавна бе предложена и хипотезата за природни ядрени реактори във вътрешността на големите планети, както и в центъра на Земята. Съществуването на т. нар. геореактор, подкрепено с известни научни аргументи, подлежи на проверка и може да внесе нов елемент в глобалния топлинен баланс.*

Историята на откритието на първите природни ядрени реактори, както в най-интригуващите криминални романи, започва с намирането на една едва забележима следа – тънката нишка, която води изследователите към решаване на трудния ребус. Тази следа, невероятна и загадъчна, е аномалията в количественото отношение на изотопите уран-235, използван за ядрено гориво, и уран-238, който не се дели с топлинни неutronи.

Елементът уран има три стабилни изотопа с маси 234, 235 и 238, които се срещат в природата в следните съотношения: 0,005, 0,720 и 99,275 процента. Съдържанието на делящия се изотоп уран-235 остава винаги едно и също за преби от най-различен произход, включително от метеоритни и лунни образци, като отклоненията лежат в тесния интервал  $0,7202 \pm 0,0006\%$ .

## ИЗОТОПНАТА СЛЕДА

Франция задоволява нуждите на своята ядрена индустрия чрез внос на уранова руда и концентрат главно от богатите находища на бившата си африканска колония Габон. Съдържанието на уран-235 във всяка отделна партида подлежи на строг контрол, като измерването се извършва с масов спектрометър (прибор, в който кръстосани електрични и магнитни полета разделят ионизираните атоми с различни маси в зависимост от отношението  $e/m$ ,

където  $e$  е електрическият заряд на еднократно йонизирания атом, а  $m$  е неговата маса.

На 7 юли 1972 г. в Центъра за производство на ядрено гориво в Пиерлате физикът Бузигу провежда рутинно измерване и установява, че поредната доставка съдържа 0,7171% уран-235, т.е. на 100000 уранови атома се падат 3 атома делящ се уран по-малко от нормалното. Отклонението е незначително и е толкова невероятно, че отначало се съмняват в изправността на спектрометъра. Резултатите обаче се потвърждават, при изследване на пробы от

следващи доставки. Във всички пробы съдържанието на уран-235 е по-ниско. Загадъчният феномен е докладван в Комисариата за атомна енергия, който реагира незабавно. По онова време, а още повече днес, движението на скъпоценния и опасен делящ се изотоп се контролира изключително строго. Започва разследване, в което се включват физици, химици, геолози, биологи, математици. В продължение на два и половина месеца са анализирани 350 пробы, като никъде не е установено замърсяване с материал обединен на уран-235. Експертите се насочват по следите на доставката, които отначало водят до две рафинерии, където се обработва газообразният междинен продукт уранов хексафлуорид. Достигат до обогатителния завод Мунана, в района на град Франсвил. Учените проследяват пътя на рудата до крайния производител – урановата мина в Окло (**Фиг. 1**). Отново се прави прецизен анализ на пробы от доставките от тази мина за периода 1970-72 г. Всички те показват аномално ниско съдържание на уран-235.



**Фиг.1** Общ изглед на урановата мина в Окло. В долната част на снимката се вижда изкопът, където са открити първите два реактора. На следващия по-висок хоризонт са разположени в квадрат сондажни тръби, а близо до тях е откритата конференцна зала с трибуна.

И сега отново една случайност помага на учените – детективи да се приближат към решението на загадката. През въпросния период мината в Окло изостава по добив на уран. За да изпълнят договорните си задължения, инженерите започват експлоатация на една особено богата рудна жила. И точно на това място, където има най-

много уран, количеството на делящия се изотоп уран-235 е най-малко. Експертите дори успяват да пресметнат дефицита. В 700-те тона доставен уран липсват 200 кг уран-235. Количество достатъчно за производството на десетина атомни бомби!

Загадъчната аномалия предизвиква най-невероятни догадки, например за извънземни, които са зареждали тук своите космически кораби с ядрено гориво или са произвеждали смъртоносни оръжия. Дали това не е отработено гориво от древен ядрен реактор? А ако този реактор е създаден и пуснат в действие от самата Природа? Оказва се, че подобен сценарий е вече предложен в научната литература.

## **ХИПОТЕЗИ**

Непосредствено след откриване на деленето на урана от Ото Хан и Фриц Щрасман в края на 1938 г. и интерпретацията на явлението от Лизе Майтнер и Ото Фриш през януари 1939 г., физиците си дават сметка за огромната енергия, заключена в атомните ядра. Откритието е напълно неочеквано. До неотдавна, водещи физици, като Ърнст Ръдърфорд, смятат за невъзможно освобождаването на тази енергия, поради много силното взаимодействие между нуклоните и съответната голяма загуба на енергия, която трябва да се изразходва за разцепване на ядрото. В лекция през 1934 г. той казва: „Превръщанията на атома са от изключителен интерес за учените, но ние не можем да контролираме атомната енергия по такъв начин, че тя да придобие практическа стойност, и аз смяtam, че очевидно никога няма да бъдем в състояние да сторим това.“ Когато научава за откритието Нилс Бор се удря по челото и възклика: „Ah, какви идиоти сме били всички ние!“ Наистина, деленето би могло да се предскаже направо от капковидния модел, един от най-ранните ядрени модели, създаден от самия Бор и фон Вайцзекер още през 1935 г.

Макар и изненадани, учените са достатъчно подгответи, за да дадат детайлно обяснение на процеса и да потърсят пътища за неговото практическо приложение. Реакцията на делене, която е съпроводена с емисия на неutronи, напомня в известна степен т. нар. верижни реакции, известни от физикохимията. Ако при деленето се излъчват повече от един неutronи, които живеят известно време и предизвикват от своя страна нови деления, то непрестанното разклонение на реакцията би довело до спонтанно освобождаване на енергия.

Съветският учен Николай Николаевич Семенов (1896-1986) се занимава с изследване на горенето на фосфорни пари в кислород. През 1925 г. той забелязва, че горенето спира, когато налягането на кислорода падне под известна „критична“ стойност. Ученият установява, че „критичното налягане“ се изменя обратно пропорционално с квадрата на диаметъра на реагентния

съд. По-нататък, Семенов изследва верижните реакции с разклонение (например с умножение на свободните радикали), които в надкритични условия протичат ускорено – експлозивно; отделя особено внимание на реакции, където иницииращият радикал въвежда в реакцията три нови радикала. През 1934 г. ученият публикува книгата „Верижни реакции“, която представлява първата детайлна теория на химичните верижни реакции. Аналогични изследвания, свързани с горенето на водород и кислород, провежда английският физикохимик Сирил Норман Хиншелууд (1897-1967), който по-късно се занимава с кинетиката на бактериални клетки. През 1956 г. академик Семенов (**Фиг. 2**) и сър Хиншелууд са удостоени с Нобеловата награда по химия. Може да се предположи, че в случая, решаваща роля за избора на Нобеловата комисия е изиграло именно приложението на теорията на верижните реакции в процеса на ядрено делене. Любопитно е, че сред учениците на Семенов са и бъдещите създатели на съветската атомна бомба Юрий Харитон и Яков Зелдович.



*Фиг.2. Академик Николай Николаевич Семенов разработва теорията на химичните верижни реакции, за което през 1958 г. е удостоен с Нобеловата премия по химия, съвместно с английския учен сър Сирил Норман Хиншелууд.*



*Фиг.3. През 1939 г. Зигфрид Флюгге предлага хипотезата за възникване на верижна ядрена реакция в естествени условия.*

През април 1939 г. групата на Жолио Кюри установява, че при деленето на уран се освобождават два до три неutrona, които от своя страна могат да разделят нови уранови ядра. Пътят към верижната реакция е открит и надпреварата за овладяване на ядрената енергия започва.

По това време младият физик теоретик Зигфрид Флюгге (**Фиг. 3**) насочва вниманието си към урановите находища в Санкт Йоахимстал (днес Яхимов в Чешката република), където на места са открити големи количества руда с високо съдържание на уран. Това е т. нар. пехбленда (уранов двуокис), от която Пиер и Мария Кюри изолират новите елементи радий и полоний през 1989 г.

Флюгге предполага, че при подходящи условия – наличие на критична маса и на забавител на неutronите (вода), в даденоrudно тяло може да възникне самоподдържаща се верижна реакция, т.е. да заработи природен яд-

рен реактор. Той обаче подчертават малката вероятност за подобно събитие, поради невъзможността да се събере на едно място критична маса от чист делящ се материал.

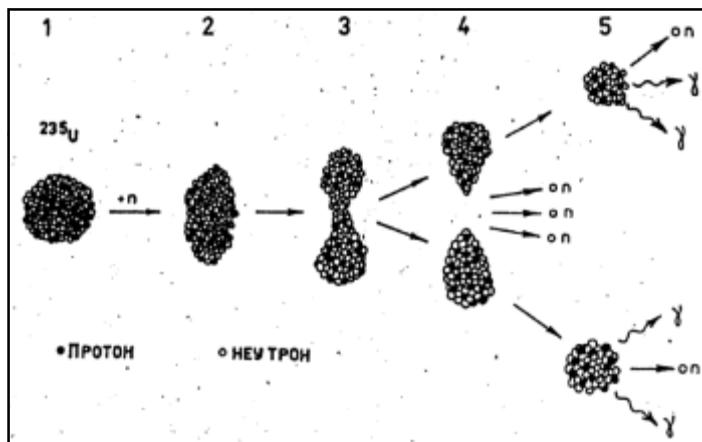
В пожара на Втората световна война противоборстващите сили се насочват към военно използване на верижната реакция и тази хипотеза изглежда забравена. Едва през 1956 г., използвайки натрупаните междувременно нови ядрени данни, Пол Курода (**Фиг. 4**) изследва отново и много детайлно проблема.

Японският радиохимик Пол (Paul) Кацуо Курода (1917-2001) произхожда от древен самурайски род, служил през XVI век на шогуна Ода-Нобунага. Израства под влияние на напътствията на американския химик Уйлям Кларк, основал университета в Сапоро и допринесъл много за модернизиране на японското образование. Първото си име Пол взема от известния японски учен Пол Нитобе, студент на Кларк и автор на книгата Буши-до (Закон на самурая). Амбициозният младеж се радва на блестяща академична кариера в родината си до 1949 г., когато е поканен в САЩ. Започва работа в Университета на Арканзас и през 1955 г. приема американско гражданство.

В САЩ Курода разработва проблема за възникване на верижна ядрена реакция в естествени условия. Той изследва минерали, които съдържат едновременно уран (ядено гориво), забавител (вода) и елементи погълщащи неutronите (т.нар. реакторни отрови). Прави пресмятания на баланса на неutronите, т.нар. фактор на мултиплекция, и достига до заключението, че в далечното минало е била възможна верижна реакция. Главен източник на неutronи в минералите е редкия процес на спонтанното делене на уран-238 (период на полуразпад  $T_{1/2} = 4,5$  милиарда години). За да започне реакцията обаче е необходимо наличието на критична маса от делящия се изотоп уран-235. Днешната концентрация от 0,72 % е твърде малка и не позволява протичането на реакцията. В далечната праистория на планетата обаче, условията са били по-благоприятни. На **Фиг. 5** е показано изменението на съдържанието на уран-235 в зависимост от времето. При образуването на Земята преди 4,6 милиарда години този изотоп е съставлявал 25% от общото количество уран. Следователно, преди 2 милиарда години в ранния прекамбрий концентрацията на уран-235 е била 3 – 4%, т.е същата, както в днешното нискообогатено ядрено гориво. На тази основа Курода дава забележително точни оценки, дори на големината наrudното тяло, в което може да възникне верижната реакция. Отново минават годи-



**Фиг.4.** Пол Кацуо Курода (1917–2001) обосновава през 1956 г. възможността за възникване на верижна ядрена реакция в далечното минало на Земята.



**Фиг.5** Схема на реакцията на делене с топлинни неутрони. Ядро на уран-235 (1) погълща един неутрон. Енергията на връзка от около 8 MeV възбуджда ядрото (2). Неговата повърхност извършива колебания с голяма амплитуда и то става нестабилно (3). Под действие на електростатичното отблъскване между протоните то се дели на два асиметрични фрагменти (4). Процесът се придвижава с изльзване на два до три неутрона. Фрагментите – продуктите на деленето – са високовъзбудени ядра, които от своя страна изльзват неутрони и гама-кванти (5).

те протони, и се разделя най-често на две асиметрични части с маси около 90-100 и 130-145. Вероятността за залавяне на неутрон и следователно за делене, зависи много от скоростта на неутрона. Ядрените сили, за разлика от гравитационните и електромагнитните, са близкодействащи. Тяхното поле на действие е от порядъка на геометричните размери на атомното ядро ( $10^{-12}$  см). Вероятността един неутрон да бъде заловен от ядрото на уран-235 и да предизвика делене ще зависи от времето, през което неутрона пребивава в това поле. Ако неутронът



**Фиг.6** Концентрацията на делящия се с бавни неутрони изотоп уран-235 в природния уран намалява с времето, поради неговия по-малък период на полуразпад ( $T_{1/2} = 7 \times 10^8$  г), в сравнение с уран-238 ( $T_{1/2} = 4,5 \times 10^9$  г).

ни и работите на Курода потъват в забвение като екзотична приумица, до откритието на феномена Окло.

Тук следва да се припомним, че реакторите в АЕЦ „Козлудуй“ работят с гориво, обогатено също до 3-4 %. Как най-общо функционират тези реактори?

На **Фиг. 6** е показана схематично реакцията на делене, при която, след залавяне на един неутрон, ядрото на уран-235 изпада в силно възбудено състояние, става нестабилно поради електростатичното отблъскване на положително заредени-

и работите на Курода потъват в забвение като екзотична приумица, до откритието на феномена Окло.

Тук следва да се припомним, че реакторите в АЕЦ „Козлудуй“ работят с гориво, обогатено също до 3-4 %. Как най-общо функционират тези реактори?

На **Фиг. 6** е показана схематично реакцията на делене, при която, след залавяне на един неутрон, ядрото на уран-235 изпада в силно възбудено състояние, става нестабилно поради електростатичното отблъскване на положително заредени-

и работите на Курода потъват в забвение като екзотична приумица, до откритието на феномена Окло.

Тук следва да се припомним, че реакторите в АЕЦ „Козлудуй“ работят с гориво, обогатено също до 3-4 %. Как най-общо функционират тези реактори?

На **Фиг. 6** е показана схематично реакцията на делене, при която, след залавяне на един неутрон, ядрото на уран-235 изпада в силно възбудено състояние, става нестабилно поради електростатичното отблъскване на положително заредени-

има голяма скорост, той ще „профучи“ покрай ядрото, обратно, ако се движи с малка скорост, вероятността да попадне в полето на ядреното привличане, да се залови от ядрото на уран-235 и да го „разцепи“ се увеличава. Към този ефект се прибавя и по-сложният процес на резонансно поглъщане на неutronите. При всеки елементарен процес на делене се излъчват средно два до три неutronа, които от своя страна могат да поддържат верижната реакция. Разклонението на реакцията, т.нар. фактор на мултиплексия показва умножението на неutronите в хода на верижната реакция. Последната протича устойчиво, когато той е равен на 1; спира при фактор по-малък от 1, и се ускорява експлозивно, когато той е по-голям от 1. Както вече видяхме, деленето се осъществява с по-голяма вероятност от бавни (топлинни) неutronи с енергии от 0,005 до 0,05 електронволта и скорости около  $2 \times 10^5$  см/с. Излъчените при деленето неutronи, обаче са бързи. Те се забавят най-ефективно чрез стълковение с леки ядра (при удар на топчета с еднакви маси става пълен обмен на импулса!) например водород или въглерод. Най-простият и достъпен забавител е водата ( $H_2O$ ). В това отношение верижната реакция може да се сравни най-общо с процеса на горене, който се поддържа чрез подаване на кислород, докато наличието на забавител (вода) в реактора поддържа деленето.

От съществено значение е и съставът на ядреното гориво. Теоретични изчисления показват, че верижна реакция е възможна, когато в горивото има повече от 1% уран-235. За да се осигури стабилна работа обаче, е необходимо четвърно повишаване концентрацията на уран-235 в природния уран, или обогатяване до 2,2%. С естествен уран могат да работят само реактори със забавител тежка вода ( $D_2O$ ). Тежка вода поглъща по-слабо неutronите, така че броят на делящите се атоми в активната зона може съответно да се намали (по-малка концентрация на уран-235). Тежка вода се среща в природата в много малки количество и нейното отделяне, чрез спонтанни естествени процеси е невъзможно, което я изключва като възможен забавител при природните реактори. Със забавител тежка вода работят малко на брой канадско-френски реактори тип „Канду“, например в румънската АЕЦ „Черна вода“. Съвременните реактори от тип ВВЕР (Водно-Воден-Енергиен-Реактор) се използва гориво, обогатено до 3-4%.

Като използваме отново твърде общата, но удобна аналогия между обикновеното и ядреното горене, можем да кажем, че последното зависи главно от две условия: от качеството на горивото (съдържание на уран-235) и от наличието на субстанция, която да поддържа горенето (забавител-вода). Днешната концентрация от 0.72% уран-235 не позволява протичане на спонтанна верижна реакция. При образуването на Земята преди 4.6 милиарда години обаче, съдържанието на уран-235 е било около 25%. Съгласно закона за радиоактивния разпад това количество постепенно е намалявало, но пре-

ди около 2 милиарда години то е било все още достатъчно, за да започне верижна реакция.

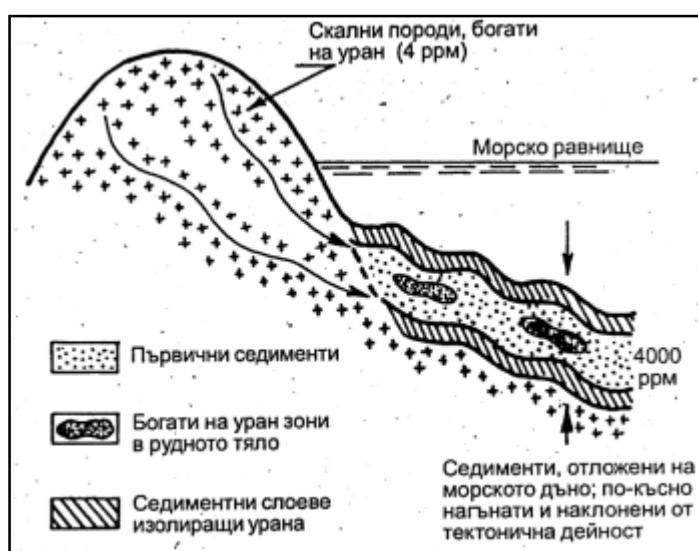
Много важно условие е наличието на критична маса – минималното количество делящ се материал (в подходяща геометрия), което осигурява самоподдържаща се реакция. Огромните запаси от тежкия елемент в урановата бонанза Окло надхвърлят многократно критичната маса.

## УРАНОВАТА БОНАНЗА ОКЛО

За да проследим историята на образуването на урановото находище в Окло, трябва да направим пътешествие в най-далечното минало на Земята. След изстиване и формиране на земната кора, преди около три и половина милиарда години, основен енергиен източник става слънчевата радиация. На суперконтинента Пангея живот още няма, но в световния океан и в някои вътрешни водни басейни се синтезират първите молекули органично вещества, а от тях постепенно възникват и по-сложни форми на жива материя. С появата на първите фотосинтезиращи организми започва нов, важен етап в историята на планетата. Фотосинтезата – един от най-съвършените процеси на трансформиране на слънчевата енергия, променя напълно облика на Земята. Автотропните организми бързо завладяват планетата. Водата постепенно се насища с кислород, а атмосферата се доближава към днешния си химически състав.

На този фон, преди около два милиарда години в ранната прекамбрийска ера се е образувало урановото находище в Окло **Фиг. 7**. То се е намирало

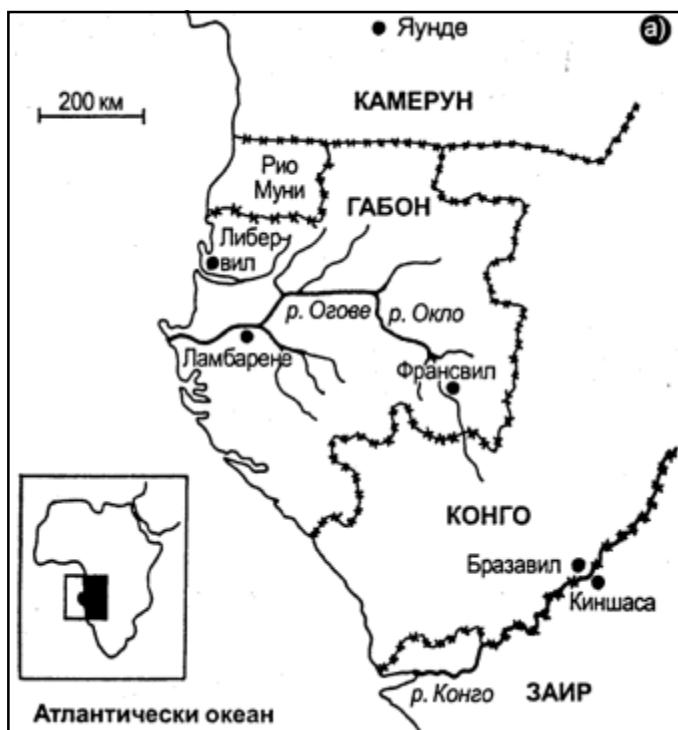
в делтата на древна река. Процеси на известряне и ерозия са свличали материал от скалните породи в басейна на реката, подобно на гравитационното отлагане на злато в златоносните реки. За разлика от златото, което е благороден метал и практически не участва в химически реакции, уранът е химически активен, така, че процесите на урановата орогенеза (рудообразуване) са значително по-сложни. Пър-



*Фиг. 7 Образуване на урановото находище в Окло.*

вите фотосинтезиращи организми обогатяват водата с кислород. Утаените на дъното на реката уран се окислява и окисите, които са по-лесно разтворими, се отнасят надолу по течението. Древната река носи също така големи количества органични материја, която се наслагва в делтата. Там органничната материя се разлага, като изразходва разтворения във водата кислород. Уранът се редуцира до по-нисковалентни съединения, които са неразтворими. Последните се отлагат на дъното на делтата и постепенно биват засипани с пясък и глина. Първоначалната концентрация на уран в околните скали, за която се предполага, че е била около 4 ppm, нараства в рудното тяло до 4000 ppm (съкращение за parts per million – анг., милионна част от единица тегло, напр. 1 гр. на тон; в геохимията, обичайна единица за много малки елементни концентрации).

Богатото рудно находище, тази истинска уранова бонанза, днес е отдалечено на 400 km от брега на Атлантически океан (Фиг. 8) и е разположено близо до река Окло, приток на река Огове. Този район на Габон е подробно описан в книгите на лекаря хуманист д-р Алберт Швайцер, който основава болница близо до Ламбарене и посвещава голяма част от живота си на изследването и лечението на тропическите болести. В поречието на Огове растат ценни дървесни видове, които се използват в мебелната индустрия. Сега основен източник на приходи за бившата колония е износът на уран. Урановата руда в мината Окло е концентрирана в утаечен слой пясъчник, с дебелина от 4 до 10 метра и ширина 600-900 метра, който



*Фиг. 8 Местоположение на праисторическата ядрена централа Окло в Габон, Западна Африка. В геологическо отношение около 70% от територията на Габон датира от прекамбрийската ера, следователно е по-стара от 600 милиона години. Находишето Окло е разположено в непосредствена близост до древно речно корито от седиментни скали, образувани през средния прекамбий и граничи с още по-стари геологически формации от вулканичен произход.*

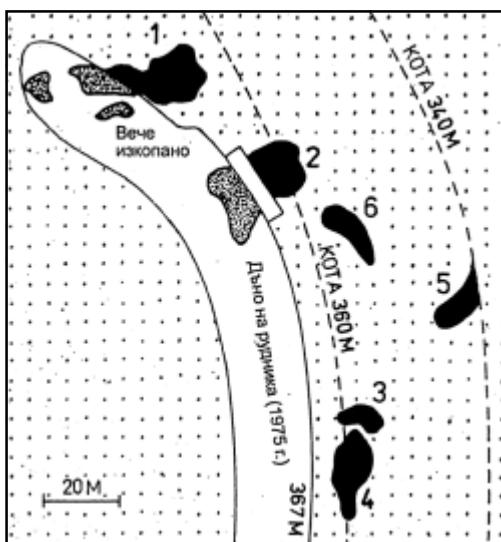
лежи върху базалтова плоча. Вследствие на тектонични процеси плочата пропада дълбоко под земната повърхност. При това в рудното тяло се образуват пукнатини, в които нахлува вода. Отначало водата помага за допълнително увеличаване на концентрацията на уран, която на места достига до 20-60%. По-късно тя служи за забавител на неutronите, като способствува за започване на верижната реакция. Преди няколко десетки милиона години базалтовата плоча започва да се издига, при което урановото находище излиза на повърхността.

## ЯДРЕНите РЕАКТОРИ

Ядрените реактори, открити в мината в Окло, представляват рудни тела с формата на лещи с диаметър 5-6 метра и дебелина 1-2 метра. Те се характеризират с висока концентрация на уран. Местата, където е протичала верижната реакция, са капсулирани от контаминационни обвивки, които съдържат продуктите на деленето.



Фиг. 9. Вертикален разрез на рудника.



Фиг. 10. Схема на северната част на открития уранов рудник в Окло. Реактори №1 и №2, които са разположени на дъното на рудника, са частично изкопани преди консервацията.

На Фиг. 9 е показан вертикален разрез на рудника. Рудното тяло преминава през скала от пясъчник под ъгъл 45%. В черно е показана рудната жила с особено висока концентрация на уран (до 60%), в която се намират лещовидните активни зони на реакторите. Разположението на урановата жила е установено с помощта на пробни сондажи.

На Фиг. 10 е дадена схемата на открития уранов рудник в Окло. Хоризонтите съответстват на състоянието на изкопните работи в средата на 1975 г. Дъното на рудника е на дълбочина 367 м. Реактори №1 и №2 са засегнати частично от изкопните работи преди откритието. Реактори №3, №4, №5 и №6 са разположени около 10 метра под дъното. Неразкопаната част от реактор №2 е запазен като природен паметник.

Верижната реакция започнала, когато, вследствие на тектонични движения на базалтовия фундамент, урановата жила се спуснала дълбоко под повърхността на земята. В рудното тяло се появили пукнатини, през които нахлула вода. Последната забавяла излъчените при спонтанното делене на уран-238 неutronи, които от своя страна предизвиквали многократно делене на уран-235, т.е. започнала верижна ядрена реакция. Колосалната кинетична енергия на фрагментите (около 200 MeV на единичен акт на делене) се превръщала в топлина, която изпарявала водата, изпълняваща едновременно функциите на забавител и охладител. При прегряване, относителният дял на водата в пароводната смес намалявал, а с това намалявал и броят на топлинните неutronи – верижната реакция затихвала. След време реакторите се охлаждали, отново нахлуваха вода и реакцията се засилвала. По този начин в пулсиращ режим „енергоблоковете“ на ядрената централа в Окло работили безаварийно в продължение на около 600-800 хиляди години със средна мощност 25 киловата, като изгорели около 200 килограма уран-235 – количество, което съответствува на открития от експертите дефицит в урановите доставки.

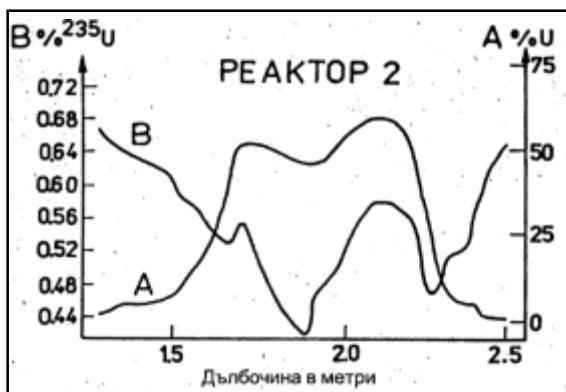
**Фиг. 11** показва процентното съдържание на уран (графика А), и на делящия се изотоп уран-235 (графика В) измерено в сондажни преби от реактор 2. Верижната реакция е протичала най-силно в зоната с висока концентрация на уран, където вследствие на изгарянето (делене) съдържанието на уран-235 достига най-ниски стойности.

Реакторите в Окло са работили с водно охлажддане. Високото налягане на дълбочина около 1000 метра е повишавало значително температурата на кипене. Предполага се, че работната температура е достигала 300° С.

Неutronите се забавяли от водата и отчасти от парата. Анализите показват, че неutronният флуенс (потока неutronи при термодинамично равновесие) в активната зона е достигал  $10^{21}$  неutrona/cm<sup>2</sup>.

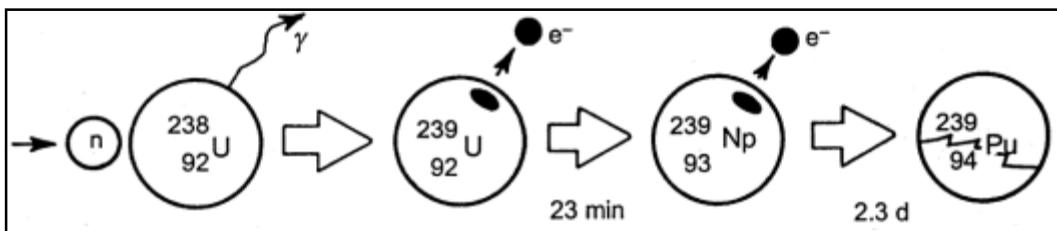
## ЕФЕКТИВНИ И БЕЗОПАСНИ

Ядрените реактори в Окло са работили в много ефективен режим. Ед-



**Фиг. 11** Процентно съдържание на уран (диаграма А) и на делящия се изотоп уран-235 (диаграма В), измерено в сондажни преби от реактор № 2. Верижната реакция е протичала най-силно в зоната с висока концентрация на уран, където съдържанието на уран-235 достига най-ниски стойности вследствие на изгарянето

новременно с изгарянето на първоначалното количество уран-235 в тях се натрупвало ново гориво. Процесът протичал по следния начин: произведените във верижната реакция неutronи предизвикват делене, но с известна вероятност се погълщат и от изотопа уран-238, който не се дели. Получава се уран-239, като енергията на възбуждане се изльчва с гама-квант. След 23 минути нестабилният уран-239 претърпява бета-разпад, при който става виртуално превръщане на един неutron в протон и електрон, като електронът напуска ядрото. Получава се изотоп на по-тежкия елемент нептуний-239. Последният е също нестабилен и след 2,3 дни се превръща в плутоний-239. Този изотоп се дели с топлинни неutronи и осигурява свежо гориво за поддържане на верижната реакция. Производството на плутоний-239 е показано схематично на **Фиг. 12.** Само част от натрупаните плутоний-239 се изразходва непосредствено в реакцията. Той има период на полуразпад 24000 години и чрез емисия на една алфа-частица се превръща в уран-235. Така освен плутоний-239 в реакторите се натрупва и допълнително количество уран-235.



*Фиг. 12. Производство на плутоний-239*

Описаният икономичен режим на работа се характеризира с т. нар. фактор на конверсия – отношението на полученото ново гориво (плутоний-239) към първоначалното количество делящ се материал (уран-235). За реакторите в Окло факторът на конверсия се изчислява на около 0,5 – величина характерна за съвременните ядрени реактори с обикновена вода. Изчисленията показват, че около 1/3 от горивото на праисторическата ядрена централа е получено по пътя на конверсията.

В последно време, в разгорещените спорове за и против ядрената енергия, се забелязва тенденция аргументи от научно-техническо естество да се заменят често със съмнителни твърдения, зад които прозират геополитически и икономически интереси. Всеобщата демонизация на ядрената енергия след катастрофата в Чернобил внася допълнително объркване сред обществото по този важен проблем на съвременния свят. В много страни с лека ръка бе спряна разработката на ядрени енергийни системи, като се премина изцяло на използване на fossилни горива (природните енергийни източници като слънцето, водата и вятъра ще останат вероятно още дълго време недостатъчни). Водещи технически нации бяха принудени да се върнат един век

назад в епохата на каменните въглища, нефта и светилния газ. Машабната експлоатация на последните ликвидира ограничени и ценни ресурси и сериозно заплашва екологичното равновесие на планетата, не на последно място и чрез радиоактивно замърсяване, например от изгаряне на нискокачествени въглища. От друга страна, продължителното замразяване на ядрените технологии внася допълнителен елемент на рисък в работата на вече съществуващите ядрени мощности (общо 437 реактора, които произвеждат 18% от световната електроенергия).

Задълбочените научни изследвания на праисторическите реактори в Окло могат да дадат отговор на много спорни въпроси, свързани с ядрената безопасност. Тези „високотехнологични“ чудеса на природата са работили около 600-800 хиляди години – удивително дълъг срок, като се има предвид, че построените от човека аналоги към края на 1995 г. бяха набрали общо едва 7696 реактор-години. През краткия период на експлоатация на съвременните реактори се случиха различни по-малки и по-големи аварии, връх на които бе катастрофата в Чернобил, където субективният фактор-човекът успя най-после да взриви една, макар несъвършена, но все пак работеща машина. Напротив, през целия огромен срок на работа, реакторите в Окло са действували безаварийно, управлявани от една проста, но ефективна система за авторегулация. Обръщайки внимание на този факт, следва да направим по-задълбочено сравнение на прекамбрийските реактори на ядрената централа „Окло“ с тези на Чернобилската АЕЦ, например.

Злополучният реактор в Чернобил е от тип РБМК-1000 (Реактор Большой Мощности Канальный). Той работи на топлинни неutronи, с графитен забавител, и използва за гориво уранов двуокис, обогатен 2% на уран-235. Първите реактори за производство на оръжеен плутоний имат също такава конструкция. Топлоотделящите елементи на РБМК-1000 се охлаждат с кипяща вода под налягане 70 атмосфери с температура 284 °C при съотношение 14% пара и 86% вода. Протичането на верижната реакция, по-специално коефициентът на размножаване на неutronите, зависи от съотношението на обемите вода и пара в активната зона. Колкото по-голям е дялът на парата, толково по-висока е реактивността, т.е. когато количеството на парата в охладителя се увеличава, реакцията нараства. При РБМК-1000 т. нар. паров коефициент на реактивност е положителен. Този конструктивен недостатък е една от главните причини за катастрофата. Във фаталната нощ на 25/26 април 1986 г., в 1,23 часа охладителната система работи неефективно. Температурата се повишава, кипенето се усилива, а с това се увеличава и количеството пара в активната зона. За броени секунди верижната реакция нараства лавинообразно, което води до взривяване на блока. Независимо от недостатъците на РБМК-1000, следва да се отбележи фактът, че аварията не става в нормален експлоатационен режим, а при провеждане на един безумен експе-

римент (с изключване на всички аварийни системи!), който може да бъде квалифициран като престъпна небрежност или саботаж.

Опасността, която крие положителният коефициент на реактивност, е известна отдавна. Почти всички съвременни реактори, включително и тези на АЕЦ „Козлодуй“, от тип ВВЕР-440 и ВВЕР-1000 имат отрицателен коефициент на реактивност.

За разлика от РБМК-1000, реакторите в Окло имат отрицателен температурен коефициент на реактивност. Когато температурата нараствала и парообразуването се увеличавало, верижната ядрена реакция затихвала. Обратно, когато температурата спадала, в активната зона нахлувала вода и реакцията отново се усилвала. Накрая, сложният процес на регулиране на мощността е протичал без помощта на абсорберни пръти, които са задължителни компоненти на съвременните реактори. Може само да гадаем, дали в случая се касае за случайно съвпадение, или това е още едно доказателство за непостижимото съвършенство на природата.

Реакторите в Окло представляват уникатен експеримент и по отношение на продължителното безопасно съхранение на радиоактивни отпадъци. Миграцията на тежките елементи в продължение на 2 милиарда години е незначителна. Редкоземните елементи и другите по-леки продукти на деленето са останали в реакторите, надеждно запечатани в зърнестата структура на минерала уранинит ( $\text{UO}_2$ ), и не са проникнали в околните глиниести пластове. Напълно са се запазили леките фрагменти: цирконий, рутений, родий, паладий, ниоб, сребро. Инертните газове криpton и ксенон са мигрирали още по време на работа на реакторите. Само някои метали, леко разтворими във вода са се запазили частично. Най-голям интерес, предмет на продължаващи и днес интензивни изследвания, представлява границната зона между активната зона на реакторите и околната нереагираща руда.

## **НАМИРАНЕ НА ИЗЧЕЗНАЛИТЕ ЕЛЕМЕНТИ**

Съществяването на първата ядрена реакция от Ръдърфорд през 1919 г. се откри пътят към трансмутация или превръщане на елементите – събъдна се най-после съкровената мечта на алхимиците. По този начин получени някои нови елементи, за които се считаше, че не съществуват в природата или са изчезнали. Феноменът Окло показва, че и в този случай природата е изпреварила човечеството.

Анализите на пробы от реакторите доказваха, че някои от „изчезналите“ елементи са били отново синтезирани посредством трансмутация преди около два милиарда години.

Първият изкуствено синтезиран химически елемент е технеций ( $Z = 43$ ), открит от Перие и Сегре през 1937 г. През 1961 г. и 1964 г. Пол Курода открива изотопа технеций-99 в пробы от уранова руда-пехблenda от Африка.

През 1975 г. в зоната на реакторите в Окло са намерени изотопите рутений-99 и рутений-100. Рутений-99 е дъщерен продукт на технеций-99. Последният се е произвеждал преимуществено при спонтанното делене на уран-238. Технеций-99 се разпада в рутений-99 чрез бета-разпад ( $T_{1/2} = 213000$  години). Откритият по-тежък изотоп рутений-100 се е получавал чрез неutronен захват от рутений-99. Така по косвен начин, чрез елемента рутений, се получиха данни за древното производство на технеций.

Прометий ( $Z = 61$ ) е открит от Марински, Гленденин и Корейл през 1947 г. През 1968 г. Курода го открива в африканска пехбленда. През 1972 г. Ньойл открива в реакторни преби от Окло изотопа самарий-147, който се получава при бета-разпад ( $T_{1/2} = 2,62$  години) на прометий-147, доказателство, че последният е бил разпостранен някога в природата, в значително по-големи количества, отколкото днес.

Плутоний, синтезиран през Втората световна война от изследователския екип на американския учен и нобелист Глен Сибърг, е открит също в реакторите в Окло от Хагеман през 1975 г. Резултатите от анализа на продуктите на делене на уран-235, уран-238 и плутоний-239 показват, че количеството на делящия се изотоп плутоний-239, който се използва за гориво в съвременните реактори, в миналото е било значително по-голямо. Отношението на плутоний-239 към уран-238 в Окло съвпада с отношението на плутоний-244 ( $T_{1/2} = 82$  милиона години) към уран-238 по време на образуването на Слънчевата система. Трансуранови елементи, какъвто е плутония, се синтезират в т. нар.  $\gamma$ -процес, сравнително бърз процес, при който изходното ядро захваща последователно голям брой неutronи. Необходимите условия за това са голяма плътност на неutronите (повече от  $10^{18}$  в  $\text{см}^{-3}$ ) и наличие на достатъчно количество „зародишни“ ядра. Подобни условия се създават при експлозия на супернова.

## **ЗАВЪРТАНЕТО НА СЛЪНЧЕВАТА СИСТЕМА**

При анализ на изотопния състав на ксенон в метеоритни образци, Е. Александер открива ксенон-129, който е дъщерен продукт на йод-129 ( $T_{1/2} = 15,7$  милиона години). Последният обаче е продукт на спонтанното делене на плутоний-244. Кога и как се е образувал този трансуранов елемент, идентифициран едновременно в ядрените реактори в Окло и в метеоритните преби?

През 1970 г. А. Камерон и С. Туран изказват общоприетата днес хипотеза, че в най-ранния етап на образуване на Слънчевата система, експлозия на близка супернова е инжектирала голямо количество вещества, включително и трансуранови елементи в първичната мъглявинна материя и е ускорила нейното свиване. Заедно с материята, този катаклизъм е предал на Слънчевата система гигантския импулс (момент на количество на движение), който я привежда във въртеливо движение.

Ядрените реактори в Окло са работили в ранната прекамбрийска ера – много важен период от биологичната еволюция на планетата. Изследванията показват, че повишеният радиационен фон е допринесъл за по-високата степен на еволюция на органичната материя в обкръжаващата среда.

Някои видни учени, между тях и Нобеловият лауреат по физика Пол Дирак, са изказвали хипотезата за възможни вариации на фундаменталните константи (на гравитационното, електромагнитното, силното (ядрено) и слабото взаимодействие) във времето. Феноменът Окло позволи да се направи проверка на тази хипотеза. Като се използува влиянието на евентуалната промяна на фундаменталните константи върху параметрите на неutronните резонанси беше доказано, че константите на силното и електромагнитното взаимодействие не са са променяли през последните 1.8 милиарда години, т.е. от времето на работа на праисторическите реактори.

Днес ядрената централа „Окло“ е обявена за природен паметник от световно значение и е извършена консервация на рудника. В урановото находище бяха локализирани 17 ядрени реактора, 9 от които са били напълно унищожени вследствие на рудодобива. Частично откритите реактори № 2 и 4 са превърнати в музей и място за международни научни срещи. Реактор № 15 е напълно запазен и до него може да се стигне през подземен тунел (**Фиг. 13**).



**Фиг. 13.** Подземен тунел води до реактор № 15. Верижната реакция е протичала в лещовидна активна зона, която е очертана в по-светъл (сивожълт) тон. Рудното място с активната зона се състои главно от уранов окис.

Светлините черти над зоната представляват кварц, кристализирал от горещата вода, която е циркулирала около реактора и го е охлаждала.

от еволюцията на материјата в Слънчевата система и на планетата Земя. Едновременно с това природната ядрена централа ни насочва към по-разумно и по-надеждно използване на могъщата енергия заключена в атомното ядро.

Открытието в Окло стимулира търсенията на природни ядрени реактори на други места, но до сега няма открити нови. Дали обаче феноменът Окло е

продължаващите изследвания на уникалния феномен Окло са ценен източник на знания за сложните процеси, протичали в най-ранните етапи

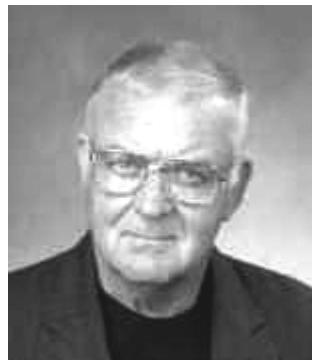
уникален? Американският геофизик Марвин Херндин (Фиг. 14) не споделя това виждане. Неговата съмла хипотеза предполага, че в големите планети от Слънчевата система, както и в центъра на Земята, малко след тяхното формиране, са заработили ядрени реактори.

### **ЯДРЕН РЕАКТОР В ЦЕНТЪРА НА ЗЕМЯТА?**

Вътрешността на Земята, за разлика от Космоса, е твърде слабо проучена. Най-дълбоките сонди достигат едва 12-13 от общо около 6367 км до центъра на планетата. Основните данни са получени от сейзмологични изследвания. Предполага се, че земното магнитно поле, което отклонява стрелката на компаса, е резултат от движението на електропроводяща материя – т. нар. геомагнитно динамо, което се поддържа от мощн топлинен източник. Досегашните представи свързват топлината на Земята с първоначалното формиране на планетата (акреция) и с радиоактивния разпад. Хипотезата за ядрен реактор в центъра на Земята внася нов елемент в глобалния енергиен баланс.

В началото на 60-те години астрономите откриват, че Юпитер изльчва два пъти повече енергия, отколкото приема от Слънцето. Същата зависимост е установена по-късно за Сатурн и Нептун. Енергията от акрецията и от радиоактивния разпад е недостатъчна за компенсиране на загубите. Какъв е тайнственият енергоизточник? Големите планети се състоят предимно от леки газове – водород, метан и др., но във вътрешността им са концентрирани и тежки елементи, включително уран. Достатъчно количество уран (над критичната маса), и леки елементи за забавяне на неутроните, обаче са предпоставка за верижна реакция. През 1992 г. Херндин предлага хипотезата за ядрени реактори в големите планети. Възможно ли е Земята да черпи също топлина от ядрен реактор и как е възникнал той?

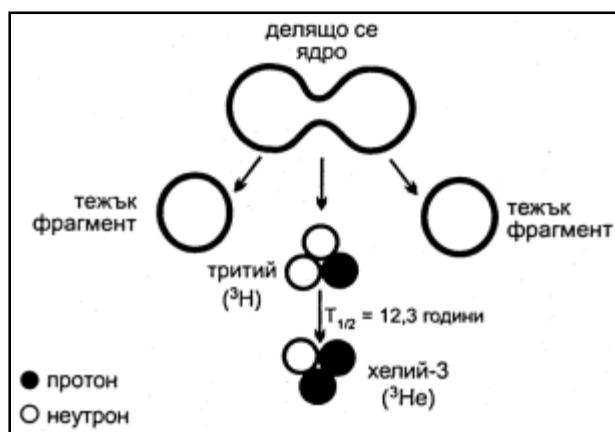
Херндин смята, че степента на окисляване във вътрешността на Земята е по-малка от преполаганата досега. В класическия модел, уранът се свързва в сравнително леки силикатни съединения, изплува нагоре към земната кора, където се среща, например в гранитните скали. При липса на кислород обаче, уранът ще се свърже в по-тежкия уранов сулфид и ще потъне надолу. Така в центъра на Земята ще се натрупа голямо количествено уран. Ако то превиши критичната маса, може да започне верижна реакция. В центъра на Земята обаче отсъстват леки елементи – забавители на неутроните. Тогава



*Фиг. 14. Марвин Херндин предлага в 1992 г. хипотезата за планетарни ядрени реактори на Юпитер, Сатурн и Нептун, а по-късно обосновава съществуването на реактор в центъра на Земята.*

реакторът ще работи на бързи неutronи – такива са най-модерните и ефективни реактори. През 1994 г. Херндън публикува концепция за т. нар. геореактор, разположен в центъра на Земята. Той предполага, че реакторът е изработил преди 4,5 милиарда години, т.е. малко пред образуването на Земята. Има диаметър 8 км и мощност 5-10 теравата, т.е. около 5 милиона пъти по-мощен от големите реактори на АЕЦ „Козлодуй“.

В подкрепа на хипотезата говори високото съдържание на изотопа хелий-3 в проби от вулкани с дълбоки магмени резервоари в Хавай и Исландия. Докато хелий-4 се натрупва при естествения радиоактивен разпад на уран и торий, количеството на хелий-3 трябва да остава същото, както при образуването на Земята. Този изотоп, обаче се произвежда при работа на ядрен реактор и пресмятанията за геореактора съответстват на съдържанието на хелий-3 в пробите. Високото съдържание на хелий-3 представлява нерешен проблем вече две десетилетия и хипотезата за геореактор би могла да хвърли допълнителна светлина върху проблема, въвеждайки един допълнителен източник за неговото производство.



*Фиг. 15. Производство на хелий-3 в геореактора. В процеса на третично деление се получават два тежки фрагмента и един по-лек, като последният може да бъде например ядро на тритий, което е нестабилен и се разпада на хелий-3.*

личеството на алфа-частиците, т.е. образуването на тритий може да се разглежда като много рядък процес. Ядрото на тритий (тежък водород, с ядро от протон и два неутрона) е нестабилен и от своя страна се разпада (с период на полуразпад  $T_{1/2} = 12,3$  години) в хелий-3, който е стабилен. Така, след първоначалния пуск на геореактора, към създадения при синтеза на елементите хелий-3, в продължение на милиарди години се е добавял произведеният във верижната реакция. Херндън се надява бъдещи измервания на

В процеса на ядрено деление тежките ядра се разделят обикновено на две части. Много по-рядко, веднаж на 400 деления, се наблюдава разделяне на три фрагмента, т. нар. третично деление (Фиг. 15). В случая двата фрагмента са значително по-тежки, докато третият фрагмент може да бъде леко ядро като алфа-частица ( ${}^4\text{He}$ ), протон, deutрон, ядро на тритий ( ${}^3\text{H}$ ), а така също ядро на друг лек елемент като литий, берилий и бор. Добивът на всички останали леки ядра, взети заедно, не превишава 15% от ко-

съдържанието на изотопите на литий ( ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}$ ), берилий ( ${}^9\text{Be}$ ,  ${}^{10}\text{Be}$ ), бор ( ${}^{10}\text{B}$ ,  ${}^{11}\text{B}$ ) и неон ( ${}^{20}\text{Ne}$ ,  ${}^{21}\text{Ne}$ ,  ${}^{22}\text{Ne}$ ), които се получават също при тройното делене, да потвъдят неговата хипотеза.

Освен „подгряването“ на геомагнитното динамо, с работата на геореактора Херндън обяснява периодичните промени на земното магнитно поле. При деленето на уран се образуват някои изотопи, т.нар „реакторни отрови“, които поглъщат силно неutronите и спират верижната реакция. Тогава мощността на реактора и подгряването на динамото намаляват, а геомагнитното поле отслабва. Смяната на полюсите става вероятно в момента на спиране на реактора. Работата се възстановява, когато „отровите“, които са около два пъти по-леки от урана изплуват нагоре и освободят активната зона.

Сравнението на параметрите на геореактора с измерванията на хелий-3 и хелий-4 разкрива обаче една тревожна перспектива. Едновременно с увеличаването на хелий-3 намалява количеството на хелий-4, който се образува от уран. Т.е. основното гориво на реактора – уран, е на изчерпване! При спиране на геореактора ще отпадне допълнителното подгряване на обвивката на земното ядро, ще се забави движението на геодинамото, а с това ще намалее и силата на магнитното поле до окончателното му изчезване. В момента отслабването на геомагнитното поле е десет пъти по-бързо от очакваното; от 1979 г. силата му е намаляла с 1,7%. Над Южния Атлантически океан отслабването е достигнало вече 10%. Ако тази тенденция се запази, геомагнитното поле може да изчезне след около 1000 години. С геомагнитното поле обаче ще изчезне магнитосферата, невидимият щит срещу смъртоносните космични лъчи. Слънчевият вятър няма да облича Земята и да се отклонява към полюсите, а ще прониква през атмосферата и ще оказва вредно влияние върху живота на Земята. Основание за беспокойство обаче няма, докато не се изясни дали промяната е част от нормалния цикъл на обръщане на полюсите с период 500-800 хиляди години или се дължи на окончателното спиране на геореактора, каквото са опасенията на Херндън.

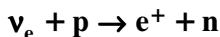
## АНТЕНА ЗА НЕУТРИНО

Съществуването на геореактор може да бъде доказано чрез измерване на антинеутрино, възникнало във верижната реакция. Антинеутриното се поглъща слабо и може да премине безпрепятствено през дебел слой вещества. Съответно по-трудно е и неговото детектиране, но през последните години регистриращите устройства и методи достигнаха съвършенство, което гарантира висока точност на измерванията.

Съществуването на геореактор може да бъде доказано чрез измерване на антинеутрино, възникнало в процес на ядрено делене. Това антинеутрино

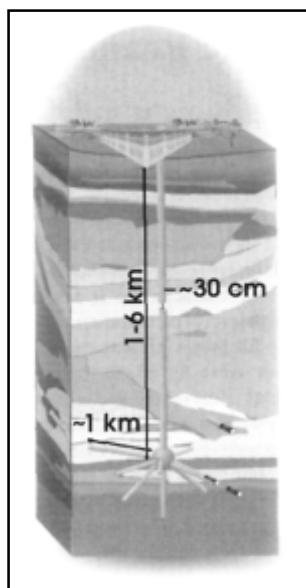
се различава от антинейтриното, което се излъчва при естествения бета-разпад. Докато антинейтриното от бета-разпада има енергия 2-3 MeV, то при делене се излъчва антинейтрино с енергия около 10 MeV.

За регистрация на антинейтрино може да се използва реакцията на обратен бета-разпад, реакция в която антинейтрино и протон се превръщат в по-зитрон и неутрон, или:



За измерване на енергията на антинейтриното се използва импулсът на позитрона. Неутронът се регистрира след забавяне и поглъщане в течен сцинтилатор. Сцинтилаторите са вещества, в които радиоактивното лъчене се превръща в светлинни импулси. Регистрацията на антинейтрино с енергия около 10 MeV ще бъде индикатор за ядрено делене и за протичаве на верижна реакция във вътрешността на Земята.

Учени от Ядрения център в Гьоринген, Холандия предлагат да се построи своеобразна антена за антинейтрино, разположена на остров Кюрасао в Карибско море, северно от брега на Венецуела. Островът е образуван преди 80 милиона години от базалт, издигнат от граничната зона между мантията и ядрото. Скалите се характеризират с много ниско съдържание на естествени радиоактивни изотопи на калий, торий и уран. Кюрасао е отдалечен на повече от 1000 км от ядрените централи във Флорида и от масива на Андите. Водният басейн наоколо намалява допълнително фона от антинейтрино от повърхността на Земята, произведено в реактори и при естествен радиоактивен разпад.



**Фиг. 16.** Проект за подземна антинейтринна антена. Насоченото действие на антената се осигурява от множество детектори разположени на различни места в хоризонталните тунели.

Антената за антинейтрино представлява кладенец с дълбочина от 1 до 6 км (**Фиг. 16**). Дълбочината ще бъде окончателно определена, когато се достигне достатъчно намаляване на мюонното лъчене, идващо от земната повърхност. От дъното на кладенеца ще бъдат издълбани хоризонтални тунели с държина от 0,5 до 1 км. В тунелите ще бъдат разположени многообразни детектори, като по този начин се осигури насочено действие на антената. Проектът включва построяването в бъдеще на още 10 подобни антени, с които може да се правят томографски снимки на вътрешността на Земята.

Антените ще служат също така за регистриране на потоците антинеутино, които се излъчват при експлозии на супернови и от силни космически гама-източници.

Дали хипотезата за реактор в центъра на Земята ще бъде потвърдена е въпрос на недалечно бъдеще. Междувременно някои учени изказват предположения за протичане на самоподдържаща се верижна реакция и в други дълбоки зони във вътрешността на планетата. Така изотопните загадки, довели до откритието на феномена Окло, продължават да вдъхновяват създаването на нови интригуващи сценарии, които несъмнено обогатяват съвременната наука.

### **Литература:**

1. Flugge, S., Naturwissenschaften, **27**, 1939, p. 402
2. Kuroda, P.K., J. Chem. Phys., **25**, 1956, p. 781
3. Neuilly, M., J. Bussac, C.Frejacques, G. Nief, G. Vendryes and J. Yvon, C. R. Acad. Sci. Paris, **275**, 1972, p.1847
4. Maurette, M., Ann. Rev. Nucl. Sci., **26**, 1976, p. 319
5. Kuroda, P.K., Naturwissenschaften, **70**, 1983, p. 536
6. Herndon, J.M., Naturwissenschaften, **79**, 1992, p. 7
7. Herndon, J.M., Proc. Natl. Acad. Sci., **100**, 2003, No. 6, p. 3047
8. Ballentine, Ch.J., and I. Lyon, Nuclear Physics News, **13**, 2003, No. 4, p. 22
9. de Meijer, R.J., E.R. van der Graaf and K.P. Jungmann, Nuclear Physics News, **14**, 2004, No. 2, p. 20

## СВРЪХПРОВОДНИЦИ ОТ ВТОРИ РОД И ВИХРОВА РЕШЕТКА

**А. А. Абрикосов,**  
Нobelов лауреат

През 1950 г. Витали Гинзбург и Лев Ландау публикуваха знаменитата си статия върху теорията на свръхпроводимостта [1]. Подходът им се основава-ше върху общата теория на фазовите преходи от втори род, изградена от Ландау през 1937 г. [2]. Там Ландау въвежда основната променлива, т.нар. *параметър на порядъка*, който е краен под температурата на прехода и е нула над нея. Различните фазови преходи имат различни параметри на порядъка и ако това е очевидно например за феромагнитния преход, а именно спонтанното намагнитване, то съвсем не е така за свръхпроводящия преход. На Гинзбург и Ландау им хрумва блестящата идея да изберат за параметър на порядъка определен вид *вълнова функция*. По онова време още не се е знаело за Купъровите двойки и тяхната Бозе-кондензация, при която всички частици са в кохерентно състояние, т.е. описват се от една и съща вълнова функция. Това предположение заляга в основите на новата теория, която позволява да се разреши основното противоречие на старата теория на Фриц и Хайнц Лондон [3], а именно положителната повърхностна енергия. Теорията освен това позволи да се направят редица полезни предсказания като например за критичното магнитно поле при тънки пластини, за критичния ток при тънки проводници и т.н.

Всичките тези предсказания изискваха експериментално потвърждение и моят приятел и университетски колега Николай Заварицки започна да измерва критичното поле на тънки пластини. Теорията и експериментът се съгласуваха идеално, включително и при изменението на природата на прехода: първи род за по-големи дебелини и втори род за по-малките. Всичко изглеждаше прекрасно, но Александър Шалников, шефът на Заварицки, не беше доволен. Според него пластините, използвани от Заварицки, бяха неподходящи, защото бяха получени при стайни температури. Изпарените върху стъклена подложка метални атоми биха могли да агломерират и поради това филмът в действителност да се състои от малки капчици. За да не става това, Шалников препоръча стъклената подложка да се поддържа при хелиева температура по време на изпаряването и до завършването на измерванията. Тогава всеки попадащ върху повърхността метален атом ще остава на мястото си и филмът ще бъде хомогенен.

Заварицки послуша съвета му и резултатът беше изненадващ: зависимостта на критичното поле от дебелината или от температурата (теорията съдържа отношението на дебелината към дълбочината на проникване, която зависи от температурата) не съответстваше на предсказанията на теорията на Гинзбург-Ландау (ГЛ теорията). Обсъждайки тези резултати, ние със Заварицки не можехме да повярваме, че теорията е грешна: тя беше толкова красива и така добре се съгласуваше с предишните данни. Поради това ние се опитахме да намерим никакво решение в рамките на самата теория. И го намерихме. Уравненията на теорията, в която всички величини бяха изразени в съответните единици, зависеха само от една безразмерна „веществена“ константа  $\kappa$ , която по-късно беше наречена параметър на Гинзбург-Ландау (ГЛ параметър). Стойността на  $\kappa$  може да се определи от повърхностната енергия между нормалната и свръхпроводящата фази. На свой ред последната може да бъде изчислена от периода на структурата на промеждутъчното състояние. За конвенционалните свръхпроводници тези данни водеха до много малки стойности на  $\kappa$  и поради това изчисленията в статията на Гинзбург и Ландау бяха направени за този граничен случай. Също така там беше установено, че при растяща стойност на  $\kappa$  повърхностната енергия между свръхпроводящите и нормалните слоеве ще стане отрицателна, а тъй като това противоречеше на съществуването на промеждутъчно състояние, такъв случай не беше разгледан.

Поради това аз реших да видя какво ще се получи, ако  $\kappa > 1/\sqrt{2}$ , т.е. когато повърхностната енергия стане отрицателна. В този случай фазовият преход ставаше от втори род за произволна дебелина. Теорията напълно се съгласуваше с експерименталните данни на Заварицки и това ни доведе до заключението, че съществува особен вид свръхпроводници, които ние нарекохме „свръхпроводници от втора група“, с  $\kappa > 1/\sqrt{2}$  и отрицателна повърхностна енергия. Сега те се наричат свръхпроводници от втори род. Своя извод аз публикувах през 1952 г. в руското списание *Доклады Академии Наук СССР* [4]. Там за пръв път се въвеждат свръхпроводниците от втори род. Тъй като обаче списанието не се превеждаше на английски, по този повод съществува доста голяма неразбория като най-чест пример за това е просто твърдението, че “съществуват два типа свръхпроводници...“. В Русия идеята за свръхпроводници от втори род не предизвика никакви възражения, макар че подобни материали се смятала за екзотични. Във връзка с това заслужава да се отбележи, че практически всички нови свръхпроводящи съединения, открити от началото на 1960-те години до днешно време, са свръхпроводници от втори род. Те включват органичните свръхпроводници, А-15, фазите на Шеврел, тежки фермионни материали, фулърените и високотемпературните свръхпроводници. Би могло да се каже, че сега вече свръхпроводниците от първи род станаха екзотични.

След работата върху пластиини аз реших да видя какви са магнитните свойства на массивни свръхпроводници от втори род. Ясно беше, че преходът в нормално състояние при наличието на магнитно поле ще бъде от втори род, а точката на прехода се определя от условието за съществуване на стационарен безкрайно малък свръхпроводящ зародиш. Полетата, при които възникват зародиши, фактически бяха дефинирани в ГЛ статията. За свръхпроводниците от втори род тяхната най-голяма стойност съответства на т.нр. горно критично поле  $H_{c2}$ :

$$H_{c2} = H_{cm} \kappa \sqrt{2}, \quad (1)$$

където  $H_{cm}$  е мащабът на магнитните полета; той се дефинира като критично поле на фазовия преход от първи род на массивен свръхпроводник от първи род ( $\kappa > 1/\sqrt{2}$ ) с формата на цилиндър, поставен в надлъжно магнитно поле.

При по-слаби магнитни полета можем да си представим линейна комбинация от такива зародиши, намиращи се в различни точки. Поради еднородността на условията в свръхпроводника решението трябва да е периодично. Отчитайки изискването за калибровка на векторния потенциал, стигаме до следния общ израз за параметъра на порядъка:

$$\Psi = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \exp \left[ ikny - \frac{1}{2} \kappa^2 \left( x - \frac{kn}{\kappa^2} \right)^2 \right]. \quad (2)$$

Тук и занапред дълчините се измерват в единици дълбочина на проникване  $\lambda$ , а  $k$  в  $1/\lambda$ . Свободната енергия става:

$$\frac{\Omega_s - \Omega_n^{(0)}}{H_{cm}^2 / 4\pi} = B^2 - \frac{\kappa - B}{1 + (2\kappa^2 - 1)\beta_A}, \quad (3)$$

където  $\Omega_n^{(0)}$  е свободната енергия на нормален метал в нулево поле,  $B$  е магнитната индукция (средното поле), измерена в единици  $H_{cm} \sqrt{2}$ , а

$$\beta_A = \frac{\overline{|\Psi|^4}}{\left(\overline{|\Psi|^2}\right)^2}. \quad (4)$$

Тази безразмерна константа зависи само от геометрията на решетката, т.е. от относителните стойности на коефициентите  $C_n$  в (2).

От (3) следва, че  $\beta_A$  трябва да се избере с минимална стойност. Може да се покаже, че тази минимална стойност е  $\beta_A = 1.16$  и тя съответства на следния избор:  $C_{n+4} = C_n$ ,  $C_0 = C_1 = -C_2 = -C_3$  и  $k = \kappa(\pi\sqrt{3})^{1/2}$ . Тази функция съответства на триъгълна решетка. Малко по-голяма стойност,  $\beta_A = 1.18$ , характеризира квадратната решетка с еднакви коефициенти  $C_n = C$  и  $k = \kappa(2\pi)^{1/2}$ . Вторият случай позволява по-лесно да се илюстрират свойствата на решението. То може да се представи във вид на тита-функция, а именно

$$\Psi = C \exp\left(-\frac{1}{2}\kappa^2 x^2\right) \theta_3\left[1; 2\pi^{1/2}\kappa i(x+iy)\right]. \quad (5)$$

Използвайки свойствата на тита-функцията, можем да покажем, че при завъртане на координатната система на ъгъл  $\pi/2$  функцията  $\Psi$  само се умножава с фазовия множител  $\exp(i\kappa^2 xy)$ . Следователно  $|\Psi|^2$  има симетрията на квадратна решетка.

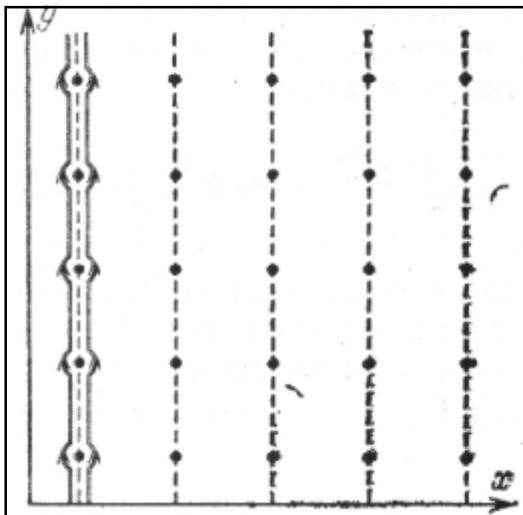
В точките  $x = (\sqrt{2\pi}/\kappa)(m+1/2)$ ,  $y = (\sqrt{2\pi}/\kappa)(n+1/2)$ , където  $m, n$  са цели числа, функцията  $\Psi$  се анулира. Близо до тези точки в полярни координати:

$$\Psi \equiv |\Psi| e^{ix} \propto x + iy = \rho e^{i\phi}. \quad (6)$$

Фазата  $\chi = \phi$  и поради това тя се изменя с  $2\pi$  по контура около нулата на  $\Psi$ . Подобно е положението за триъгълна решетка. Възниква естественият въпрос: как стана така, че решението да има тези точки? Ние само взехме линейна комбинация на прости решения, центрирани в различни точки, а появата на нули с фази, променящи се с  $2\pi$ , стана „от само себе си“. За да обясним тяхната поява, трябва да вземем под внимание, че в ГЛ уравненията магнитното поле се представя от векторния потенциал. Ако, средно взето, магнитното поле е постоянно, векторният потенциал трябва да расте с координатата. Тъй като обаче абсолютната стойност на параметъра на порядъка не може да расте неограничено, трябва увеличението на векторния потенциал да се компенсира. Това може да стане посредством фазата на параметъра на порядъка.

Ако се отчете фазата  $\Psi \equiv |\Psi| e^{i\chi}$ , то тогава  $\chi$  влиза в ГЛ уравнения в следната комбинация с векторния потенциал:

$$\mathbf{A} - \frac{\hbar c}{2e} \nabla \chi. \quad (7)$$



**Фиг. 1.** Точките съответстват на нулите на параметъра на порядъка (квадратна решетка). Пунктирани линии представляват разрезите, направени с цел фазата да бъде еднозначна. Градиентът на фазата изпитва дискретно изменение на всеки от разрезите (вж. текста)

Да разгледаме поведението на комплексния параметър на порядъка в координатната равнина (фиг. 1). За да дефинираме фазата еднозначно, трябва в тази равнина да се направят разрези, минаващи през нулите на параметъра на порядъка, паралелно на оста  $y$ .

Ако се движим по левия бряг на такъв разрез, фазата ще се изменя по формулата

$$\chi_{left}(y) = \chi_{reg} - \pi \frac{y}{a},$$

където първият член е регулярната част, а вторият се дължи на бързото изменение на фазата в околността на нула на  $\Psi$ ;  $a$  е периодът. По десния бряг фазата се мени по закона

$$\chi_{right}(y) = \chi_{reg} + \pi \frac{y}{a}.$$

От тези два израза следва, че на всеки разрез градиентът на фазата изпитва скок:

$$\Delta \left( \frac{\partial \chi}{\partial y} \right) = \frac{2\pi}{a}. \quad (8)$$

Ако магнитното поле е насочено по  $z$  и изберем  $A_y = Hx$ , тогава в съответствие с (6) компенсацията на нарастващото на векторния потенциал може да се постигне, ако  $Ha = \frac{\pi \hbar c}{ea}$  или

$$a = \sqrt{\frac{\pi \hbar c}{eH}}. \quad (9)$$

откъдето следва

$$Ha^2 = \frac{\pi \hbar c}{e} \equiv \Phi_0. \quad (10)$$

От тези формули могат да се направят две заключения: а) Периодът на структурата расте с отслабването на магнитното поле; б) Потокът на магнитното поле през една елементарна клетка е универсална константа, наречена „*квант на магнитния поток*“. Тя е равна на  $2.05 \times 10^{-7} Oe.cm^2$  и за пръв път е въведена от Ф. Лондон [5].

Увеличаването на периода с отслабването на магнитното поле става не само в близост до  $H_{c2}$ , а и във всяко друго поле. Наистина разсъжденията, довели до фиг. 1 и до съответните изводи, остават в сила с изключение на това, че векторният потенциал вече не е линейна функция на координатите и затова условието за компенсация трябва да се преформулира. Това води до замяната на магнитното поле с неговата средна стойност

$$B = \frac{1}{a^2} \int_0^a \int_0^a H dx dy .$$

Така стигаме до същия резултат, в който само че  $B$  е на мястото на  $H$ .

От тук може да се заключи, че даже далеч от  $H_{c2}$  периодът на структурата расте с намаляването на магнитното поле и стойността  $H_{c1}$ , при която  $B = 0$  или  $a = \infty$  е границата между чисто свръхпроводящата фаза и фазата с частично проникване на магнитното поле, която аз нарекох „*смесено състояние*“. Границата с чисто свръхпроводящата фаза съответства на магнитното поле

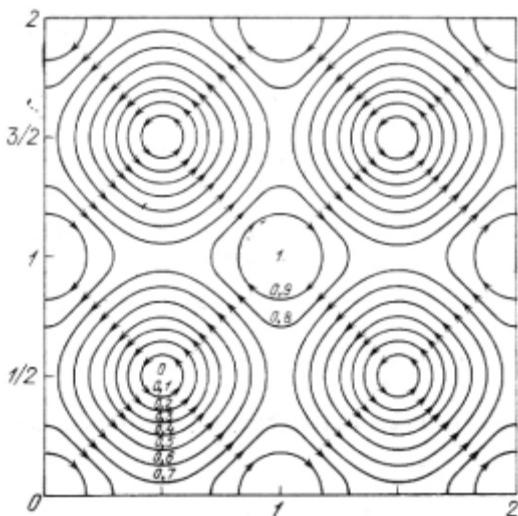
$$H_{cl} = \frac{H_{cm}}{\kappa\sqrt{2}} (\ln\kappa + 0.08) . \quad (11)$$

В съответствие с (1) с нарастването на  $k$  горното критично поле  $H_{c2}$  расте, а заедно с това долното критично поле  $H_{c1}$  намалява.

Тъй като разстоянието между нулите на  $\Psi$  става безкрайно при  $H_{c1}$ , в неговата околност то е голямо и може да се разглежда само една такава точка. Според ГЛ теорията токът може да се напише във вида

$$\mathbf{j} = \frac{\hbar e}{m} |\Psi|^2 \left( \nabla \chi - \frac{2e}{\hbar c} \mathbf{A} \right) . \quad (12)$$

В околността на  $\Psi = 0$  имаме  $\chi = \phi$  и  $\nabla \chi$  има само  $\phi$ -компонентата, която е равна на  $\frac{1}{\rho} \frac{\partial \chi}{\partial \phi} = \frac{1}{\rho}$ . Следователно той е много по-голям от втория член в (12) и токът образува вихър. В общия случай тези вихри образуват решетка. На фиг. 2 са представени токовите линии в близост до  $H_{c2}$ .



**Фиг. 2.** Токовите линии съвпадат с линиите на постоянно  $|\Psi|$  за квадратна решетка

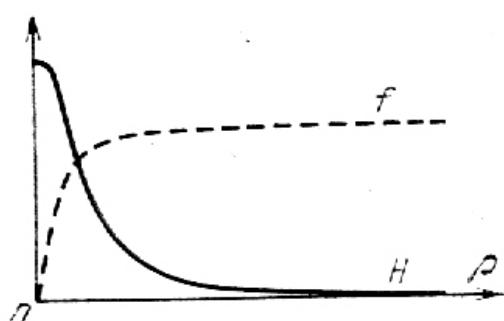
двойка, и по-голямата „дълбочина на проникване“  $\lambda$ . ГЛ параметърът  $k$  е по същество тяхното отношение. За чист свръхпроводник при  $T \rightarrow T_c$

Много подобна е структурата на триъгълната решетка, която за изотропен модел има малко по-ниска енергия. Тъй като енергетичната разлика е твърде малка, в реалните вещества кристалната симетрия може да е по-благоприятна за квадратната решетка. Поради тази структура смесеното състояние понякога се нарича „фаза на вихровата решетка“

В микроскопската теория на Бардин-Купър-Шрифър (БКШ), а също в ГЛ теорията, която, както беше показано от Горков [6], е граничен случай на БКШ теорията при  $T \rightarrow T_c$ , има две характерни дължини: по-малката „дължина на кохерентност“  $\xi$ , която е размерът на Купъровата роникване  $\lambda$ . ГЛ параметърът  $k$  е по свръхпроводник при  $T \rightarrow T_c$ .

$$\kappa = 0.96 \frac{\lambda_L}{\xi_c}, \quad (13)$$

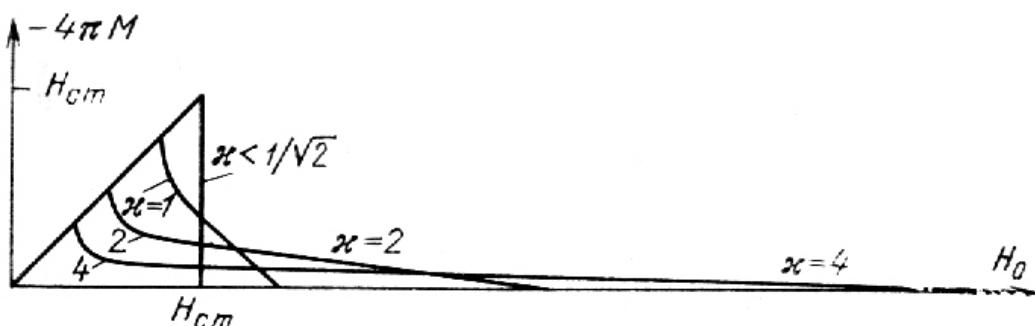
където е лондоновската дълбочина на проникване ( $n$  е електронната плътност) и  $x_0 = 0,18 (\hbar v / T_c)$  е дължината на кохерентност при  $T = 0$  ( $v$  е скоростта на електроните). В случая имаме (екстремален втори род или Лондонов тип свръхпроводник) и всеки вихър има „сърцевина“ с размер  $\xi$ , където параметърът на порядъка се мени бързо, и външна област с размер  $\lambda$ , където магнитното поле намалява до нула. По формула (6) в околността на вихрова-



*Фиг. 3. Криви на магнитното поле (плътната линия) и на  $|\Psi|$  във вихъра*

та ос параметърът на порядъка расте линейно с разстоянието. Анулирането на  $\psi$  в центъра се дължи на факта, че това е единственият начин да се избегне нееднозначност на  $\psi$ . При разстояния, по-големи от порядъка на  $\xi$ , параметърът на порядъка клони към равновесната си стойност при нулево поле. Цялостната картина на поведението на параметъра на порядъка и на магнитното поле във вихъра е представена на фиг. 3.

Теорията позволява също така да се определят макроскопските характеристики, а именно зависимостта на намагнитването от външното поле. Последната е показана на фиг. 4 за различни стойности на  $\kappa$ .



Фиг. 4. Зависимост на намагнитването от магнитното поле за различни стойности на  $\kappa$

За  $\kappa < \frac{1}{\sqrt{2}}$  зависимостта е във формата на „триъгълник“, представящ идеалния диамагнетизъм под  $H_{cm}$  и отсъствието на намагнитване в нормалната фаза. При по-големи стойности на  $\kappa$  възниква вихровата фаза и с увеличаването на  $\kappa$  нейната долната граница намалява, а горната расте. Границната формула за намагнитването в близост до горното критично поле е

$$-4\pi M = \frac{H_{c2} - H_0}{(2\kappa^2 - 1)\beta_A}. \quad (14)$$

Аз сравних теоретичните предсказания за кривите на намагнитването с експерименталните резултати, получени от Лев Шубников и неговите сътрудници за сплавите Pb-Tl през 1937 г. [7] и съгласието се оказа много добро.

Тук бих искал да опиша експерименталната ситуация. Намагнитването на свръхпроводящи сплави за пръв път е измервано от Де Хааз и Казимир-Джонкер през 1935 г. [8], като те получават плавен преход от свръхпроводящо в нормално състояние с две критични полета. Те обясняват това с нехомогенността на своите образци. Шубников, който преди това е работил с Де Хааз, решава да изготви по-добри образци и групата му обработва сплавите продължително при температури, близки до точката на топене. След това рентгенографските изследвания, направени при стайни температури, показвали, че няма никаква нехомогенност. Тъй като авторите не са можели да намерят друго обяснение на плавния преход, те пишат в статията си, че при ниски температури трябва да се утаява друга фаза. За нещастие Л.В.Шубников бива обвинен за опит да организира „антисъветска стачка“, КГБ го арес-

тува и още същата година го екзекутира. Сигурен съм, че ако му беше дадена възможност, той щеше да открие възникването на нова фаза и съществуването на особен вид свръхпроводници. Искам тук да изразя своята почит към Шубников, чиито данни истински ме вдъхновиха. Никога не съм го срецдал, но съм чувал за него от Ландау, който е бил негов близък приятел.

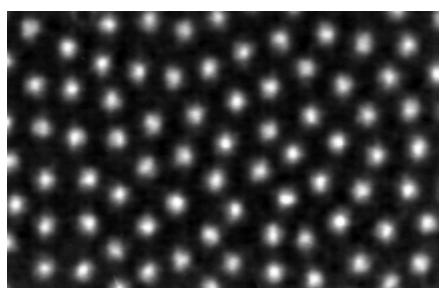
Своя извод на вихровата решетка аз направих през 1953 г., но публикуването се задържаше, защото отначало Ландау изцяло не приемаше идеята. Едва след като Р. Файнман публикува своята статия за вихрите в свръхфлуиден хелий [9] и Ландау прие идеята за вихрите, той се съгласи с моя извод и аз публикувах статията си през 1957 г. [10]. Но даже тогава тя не привлече вниманието, въпреки че беше преведена на английски. Интерес към моята работа възникна едва в началото на 1960-те години, когато бяха открити свръхпроводящи сплави и съединения с високи критични полета. Но даже след това

експериментаторите не вярваха във възможността да съществува вихрова решетка, която е несъизмерима с кристалната решетка. Едва след като вихровата решетка беше наблюдавана експериментално – отначало с неутронна дифракция [11], а после по метода на репликите [12], (фиг. 5), – техните съмнения напълно отпаднаха. Сега съществуват много различни начини да се получат изображения на вихровата решетка. Освен тези, които споменах, бяха приложени още методите на електронната холография, на сканиращата тунелна микроскопия (фиг. 6) и на магнитооптиката.

По-късно аз публикувах само една работа по вихри, а именно определих допното критично поле на тънки филми и вихровата решетка в неговата околност [13].

Макар че след това работих в много различни области на теоретичната физика, свръхпроводимостта беше любимата ми тема. В началото на 1960-те години заедно с Лев Горков направихме няколко работи. Те се основаваха върху представянето на БКШ теорията посредством Гринови функции,

*Фиг. 5. Първата репликационна снимка на вихрите, получена от Есман и Тройбле (1967 г.).*



*Фиг. 6. Вихри в  $NbSe_3$  наблюдавани със сканиращ тунелен микроскоп (STM).*

което позволи да разширим микроскопската теория за пространствено нехомогенни задачи. Изследвахме поведението на свръхпроводници във високочестотно поле (заедно с И.М. Халатников [14]), ролята на магнитните при-

меси [15], където открихме т. нар. „безпроцепна“ свръхпроводимост, и успяхме да обясним загадката на крайното Найтovo отместване при ниски температури, като въведохме спин-орбиталното разсейване [16].

След като Й. Г. Беднорц и К. А. Мюлер [17] откриха високотемпературната свръхпроводимост в слоисти купроокиси, аз започнах да се интересувам от техните свойства. Съществуват много възможни подходи към тези необикновени вещества и практически всеки от тях постулира някакъв екзотичен механизъм на свръхпроводимостта. Аз основах своя подход върху БКШ теорията, като взех под внимание специфичните черти на електронния спектър, а най-вече квазидвумерността и т. нар. „разширени сингуларности на седловите точки“ или „плоски области“ в електронния спектър [18]. Друга идея беше резонансната тунелна връзка между  $\text{CuO}_2$  слоевете [19], които са отговорни за проводимостта и свръхпроводимостта. Въз основа на това успях да обясня повечето от експерименталните резултати за слоистите купрати, без да ги деля на „добри“, които се посочват при всеки удобен случай, и „лоши“, за които трябва да се забрави. В резултат на това мога да заявя, че така наречената „загадка“ на високотемпературната свръхпроводимост не съществува.

## Литература

1. V. L. Ginzburg and L. D. Landau, Zh. Eksp. Teor. Fiz. **20**, 1064 (1950)
2. L. D. Landau, Phys. Z. der Sowjet Union, **11**, 26 (1937); ibid. **11**, 129 (1937)
3. F. London and H. London, Proc. Roy. Soc. London, Ser. A **149**, 71 (1935)
4. A. A. Abrikosov, Doklady Akademii Nauk SSSR **86**, 489 (1952)
5. F. London, „Superfluids“, V. 1, New York, 1950
6. L. P. Gor'kov, Soviet Phys. – JETP **9**, 1364 (1959); ibid. **10**, 998 (1960)
7. L. V. Shubnikov et al., Zh. Eksp. Teor. Fiz. **7**, 221, (1937)
8. J. .M. Casimir-Jonker and W. J. De Haas, Physica **2**, 943 (1935)
9. R. P. Feynman: in „Progress in Low Temperature Physics“, ed. By D. F. Brewer, North-Holland, Amsterdam, 1955, V. 1, Ch. 11
10. A. A. Abrikosov, Soviet Phys – JETP **5**, 1174 (1957)
11. D. Gribier, B. Jacrot, L. M. Rao and B. Farnoux, Phys. Lett. **9**, 106 (1964)
12. U. Essmann and Traeuble, Phys. Lett. A **24**, 526 (1967)
13. A. A. Abrikosov, Sov. Phys. – JETP **19**, 988 (1964)
14. A. A. Abrikosov, L. P. Gor'kov and I. M. Khalatnikov, Sov. Phys. – JETP **8**, 182 (1958); ibid. **10**, 132 (1959)
15. A. A. Abrikosov and L. P. Gor'kov, Sov. Phys. – JETP **12**, 1243 (1961)
16. A. A. Abrikosov and L. P. Gor'kov, Sov. Phys. – JETP **15**, 752 (1962)
17. J. G. Bednorz and K. A. Mueller, Zs. Physik **B64**, 189 (1986)
18. A. A. Abrikosov, Physica C **341-348**, 97 (2000)
19. A. A. Abrikosov, Physica C **317-318**, 154 (1999)

Превод от английски: М. Бушев

## АБРИКОСОВ – ЧОВЕКЪТ ЗАД НОБЕЛИСТА

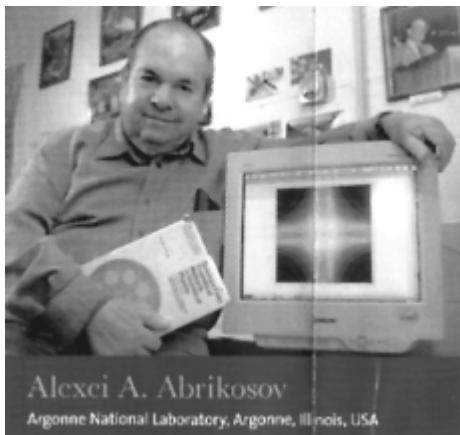
Михаил Бушев

$\Psi_0$

**България** няма Нобелови лауреати. По щастливо стечение на обстоятелствата имам дългогодишно познанство с лауреата на Нобеловата награда по физика за 2003 г. – Алексей Алексеевич Абрикосов. Мисля, че за нашите читатели ще бъде интересно по някакъв начин да се доближат до личността на един жив нобелист. Без излишно величаене, без пиедестали. Такъв, какъвто съм имал възможност да го познавам. Далеч съм от мисълта за хронологична връзка. Всичко е фрагментарно. Но най-често от първа ръка. Като моментни снимки.

$\Psi_1$

*Още* като разбрах, че ръководител на редовната ми аспирантура (към Московския държавен университет, МДУ) ще бъде Алексей Алексеевич Абрикосов, за себе си го нарекох  $A^3$  (A на трета). Така го наричам и досега (за себе си; а иначе се обръщам към него с „Алексей Алексеевич“).



Alexei A. Abrikosov  
Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA

**Фиг. 1.** А. А. Абрикосов – Нобелов лауреат. В ръце държи английското издание на монографията (написана заедно с Л. Горков и И. Дзялошински)

„Методи на квантовата теория в статистическата физика“. На екрана на монитора се вижда разширена седлова сингуларност на електронния спектър в предложения от Абрикосов механизъм на високотемпературната свръхпроводимост.

$\Psi_2$

**Психолозите** много обичат да напъхват сложната човешка природа в някакви измислени схеми. Хората с дарба за абстрактно мислене (математици, физици теоретици и др.) обикновено били високи и слаби. Като че ли само Ландау е бил потвърждение за това (висок и много слаб той е казвал, че неговото не е „телосложение“, а „теловъчитание“). Но иначе Галилей и Нютон, Гаус и Ойлер, Максуел и Айнщайн (и още много други творци в света на абстрактното) са били все плътни, массивни хора.

$\Psi_3$

**Пред мен** стоеше нисък, плътен човек с масивна глава и широко червендалесто лице – засмято и приветливо. Големи и блестящи сини очи. Много подвижен. Облечен спортно, с кожено яке, карирана риза. Ни-

кога не съм го виждал с вратовръзка и костюм (вж. снимката, направена в дните на връчването на Нобеловата награда).

По повод ниския си ръст обича да се шегува: „Маленькая собачка навсегда остается щенком“ (малкото куче винаги си остава кутре). Като сравнявам със снимката ни от преди близо 30 години, трудно мога да не се съглася с него.

$\Psi_4$

**Фамилията** си Абрикосов дължи на някой от прадедите си, който бил сладкар от висока класа (май е снабдявал със сладкиши и царския двор). Този прадядо изобретил някакъв много вкусен сладкиш с кайсии и така се прочул с него, че кайсията (абрикос) се превърнала във фамилно име.

$\Psi_5$

**Абрикосов** се родил (1928 г., Москва) в семейство на патологоанатоми. Баща му бил учен от много висока класа, с множество правителствени награди (май е ръководил екипа, който е мумифицирал Ленин). Улицата, на която до известно време живееше Абрикосов (бившата „Часовая“), беше кръстена на името на баща му. По Сталиново време баща му бил „номенклатура № 1“. Това била огромна привилегия. Дори в разгара на войната и битовата мизерия, когато те били евакуирани в Казан, на номенклатурния баща всяка седмица двама червеноармейци донасяли огромен запечатан сандък. Там имало фантастични хранителни продукти. Но най-забележителни били доставяните книги – буквально всичко, което току що било излязло от печат. Самият Абрикосов, когато по-късно става лауреат на Ленинска награда (1966 г.; за „вихрите на Абрикосов“), бил едва № 5 номенклатура и различната била огромна (особено по отношение на доставяните книги).

$\Psi_6$

**С името** на Абрикосов-баша е свързан един анекdotичен случай в родната ни БАН. През 1950-те години в Президиума на БАН се получава телеграма от АН на СССР със следното съдържание: „В связи с гибелю абрикосов, просим послать делегацию.“ Някой наш бюрократ (Валери Петров беше писал поема за „ННН“ – някой наш некадърник) решил, че става дума за смъртта



*Фиг. 2. А.А. Абрикосов в България (1978 г.). До него е авторът.*

на акад. Абрикосов. Засуетили се, пратили съболезнователна телеграма, подготвили делегация... Не знам кога са разбрали, че става дума за кайсиеви насаждения.

Имахме много такива „познавачи“ на руския език. Един от тях, член на Политбюро на БКП, дори беше сътворил някаква своя смес на българския и руския.

$\Psi_7$

*Абрикосов* има звучен глас (пее с приятен тенор) и ясна дикция. Чудесен лектор. В това се убедиха мнозина негови слушатели в университетите на Пловдив и Варна, както и във Физическия институт на БАН, където той през 1972 г. изнесе лекции по нормални и свръхпроводящи метали и сплави. (По това време вече беше излязло първото издание на монографията му по теория на металите; второто, разширено и допълнено, издание се появи през 1987 г.)

Този глас му помогнал в една доста опасна случка. Бил на експедиция в Сибир. Там най-опасен звяр е мечката (сибирянците дори се боят да не предизвикат беда, като я назовават по име, а най-често вместо „медведь“ казват „он“). Човек от групата счупил крак и Абрикосов тръгнал – сам, на ски – да вика помощ от (относително) близкия медпункт. Както вървял през гората, изведенъж пред него се изправя мечка. Невъзможно е да се спасиш. Замръзнал на място. Гледали се известно време. Внезапно Абрикосов със строг и звучен глас извикал на мечока: „Ты куда прешь? А ну-ка, уходи отсюда!“ Мечокът го изглеждал доста учудено. После му обърнал гръб и тръгнал по мечешките си работи.

$\Psi_8$

**Колко** ли весело е било на студентите от Физическия факултет на МДУ с младия професор Абрикосов (нямал и 30 години) с почти детско лице – червенобузесто и винаги засмяно. Но авторитетът му бил огромен. Явно се е градял не върху външни атрибути. Друга е магията. Тук Абрикосов е имал примера на своя учител Лев Давидович Ландау: непринуденост, грижа за студентите, увлеченост в науката. Студентите разбираят и ценят това.

Негова студентка била дъщерята на всемогъщия Генерален секретар на ЦК на КПСС Никита Сергеевич Хрущов. На изпита Абрикосов – напълно справедливо – я скъсва. Всички очакват със затаен дъх какво ще последва. На другия ден дъщерята идва при Абрикосов и горещо му благодари. Оказва се, че тя имала други увлечения, но нямало как да убеди височайшия си баща, че не става за физик. С двойката от изпита тя успяла да преубеди баща си и вече щяла да се запише в друг факултет.

Зашо ли не сме чували някой наш професор да е късал на изпит Людмила Живкова? (Зашото той добре си е знаел урока.)

$\Psi_9$

**Без излишна** показност Абрикосов има желязна принципност – научна, житейска, политическа. Това явно не се е харесвало на някои завистници (и доносници). Абрикосов завършва МДУ през 1948 г. Двайсетгодишен, той вече е взел страховития ландаувски теоретичен „минимум“, постъпил е на работа в Института за физически проблеми (ИФП) на Капица и е един от любимите ученици на Ландау. Автор е на статии по кинетика на напълно йонизирани газове, изследва свръхплътното състояние на веществото, на път е да стане откривател на нов вид свръхпроводници, междувременно е защищил кандидатска дисертация. Това прелива чашата на поносимост на завистниците и те му скрояват уволнение от ИФП.

По странен (но типичен за съветската действителност) начин го спасява смъртта на Сталин (1953 г.). Уплашени до смърт лекари се изпокрили и не искали да издават смъртен акт – боели се, че ще ги изкарят „чужди шпиони“ и „врагове на народа“ (не са били малко онези, които наистина вярвали, че „бащата на народите“ е безсмъртен). Така или иначе смъртният акт бил подписан от майката на Абрикосов (вече споменах, че тя също е била патолого-анатом). Това се разчуло. Решили, че Абрикосови имат здрави връзки с властите. Не посмели повече да го закачат.

$\Psi_{10}$

**Абрикосов** обича планинството. Беше изкачвал много планини: Памир, Хималайите, Кения, Алпите. . . Веднъж високо в Памир им потрябвали магарета. Отбили се да помолят старейшината в един аул. Той ги посрещнал гостоприемно. По местните обичаи хората не говорят за делата си преди церемонията по пиене на чай с бавен и тежък разговор. На тези височини чаят се пие с овча лой. Докато чаят е горещ, лойта е разтворена, но при охлажддане тя се превръща в дебела кора. Непривикналият на това Абрикосов стоически погълнал няколко такива чая. Едва след няколко часа старейшината ги запитал какво ги е довело при него. Получили магарета и направили прехода.

$\Psi_{11}$

**От Нобеловата** лекция на Абрикосов ясно се разбира, че Ландау дълго време не е приемал идеята за вихрово състояние на свръхпроводниците. Внимателният прочит на статията на Гинзбург и Ландау от 1950 г. показва защо е било така. Макар да се докосват до случая  $k > 1/\sqrt{2}$  и  $\sigma_{ns} < 0$ , авторите отхвърлят тази възможност като несъвместима с експерименталните данни за известните по онова време свръхпроводници.

Абрикосов не унива, а преминава на изследвания върху квантова елект-

родинамика; само през 1954 г. излизат 5 статии по тази тематика с автори Ландау, Абрикосов и Халатников. (По-късно методът на Гриновите функции залаяга в основите на фундаменталната монография на А. Абрикосов, Л. Горков и И. Дзялошински „Методи на квантовата теория на полето в статистическата физика“; вж. книгата, която Абрикосов държи на сн. 1.)

Докторат (в познатия ни мъчително бюрократичен вид) Абрикосов не е защитавал. Признати му били публикациите по квантова електродинамика.

$$\Psi_{12}$$

*Семинарът* на Ландау е легендарен. Всеки четвъртък, от 11:00 ч. (с точност до секундата), високи изисквания към докладчиците. Немислимо било докладчик да не се яви или да закъсне на семинара.

Веднъж нещо попречило на докладчика, А. Б. Мигдал, да се яви на семинара. Какво би могло да го извини? На другия ден Мигдал мълчаливо се приближил към Ландау (който не искал и да го погледне) и му връчил документ с много печати и подписи. Бил смъртен акт на името на лицето... А.Б. Мигдал. Това вече било извинение.

Абрикосов добре знаел тези изисквания. И когато Ландау му предлага да докладва работата си за вихри в свръхпроводници (края на 1956 г.), той се явява на семинара. А бил болен, с висока ( $38.5^{\circ}$ ) температура.

$$\Psi_{13}$$

*През 1972 г.* Абрикосов беше за един месец гост на БАН. Бях непрекъснато с него. Той изнесе лекции в София, Пловдив и Варна, а официозът „Работническо дело“ помести на цяла страница интервю с него, озаглавено „Физиката и тайните на материята“.

Но основната цел на посещението на Абрикосов беше идеята да се създаде в България международен институт по теория на твърдото тяло. Прекрасна идея! За българските физици това би означавало вместо Мохамед да ходи при планината, планината да идва при Мохамед. Авторитетното присъствие на хора от ландаувската школа щеше да привлече учени от цял свят в този институт.

Заедно с директора, И. М. Халатников, на Института по теоретична физика „Л. Д. Ландау“, Абрикосов беше разбил подробен план за конкретното организиране, функциониране и финансиране на този институт.

Всичко изглеждаше просто и ясно и най-важното – реализуемо. Успях да уредя среща на Абрикосов с член на Политбюро на БКП и той горещо одобри идеята.

Спестявам много подробности. След заминаването на Абрикосов бях прикан от партийното бюро на ИФТТ и бях нахокан, че съм действал през

28/XI

*Дороги Михаил  
Большое спасибо за письмо с поздравлением. Время дает многое хлопотное, а самое главное – отвага на все подражания, подобных были Господи. Я по-прежнему привожу и друзей и те хотят заниматься наукой другим, хотя*

Фиг. 3. Факсимилие от писмото на Абрикосов до М. Бушев

главите на ръководството. Дори ми беше зададен въпрос: „Той (т.е. Абрикосов) еврей ли е?“

Идеята беше изпепелена. По-късно от пепелта се роди – не птицата Феникс, а врабче – ежегодната Международна конференция по физика на кондензираната материя. Все е нещо.

$$\Psi_{14}$$

*С Абрикосов имам многогодишна кореспонденция. Удивително е с каква акуратност винаги е отговарял на писмата ми.*

От 1991 г. Абрикосов живее и работи в САЩ. Когато му писах, за да го поздравя за Нобеловата награда, прибягнах до малка хитрост. Знаех, че ще получи стотици (а той ми писа, че са хиляди) поздравления. Но... по e-mail. Затова реших, че ако му пратя стандартно писмо по пощата, то ще има по-голям шанс да бъде забелязано. Така и стана. Писах му в началото на ноември, а към края на същия месец (т.е. в навечерието на Нобеловата церемония) получих отговора му, съдържащ много интересни неща (вж. фиг. 3)

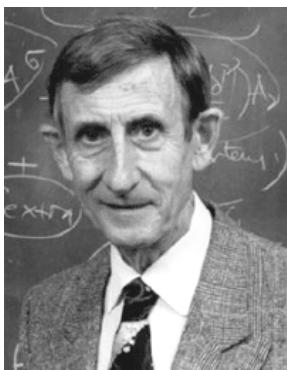
Онова, което ме порази (а и позасрами!), беше, че аз бях отпечатал своеето писмо на компютър, а неговият отговор беше писан „на ръка“ (качество то на почерка ми едва ли може да ме оправдае).

Любопитно е как Абрикосов обяснява защо е напуснал Русия и е изbral САЩ (би могъл да избере коя да е европейска страна). „Заштото“, пише той, „в САЩ няма възрастова дискриминация, т.е. задължително пенсиониране, както е в Европа. А аз, както и по-рано, съм привързан към физиката и не искам с нищо друго да се занимавам“.

$$\Psi_A$$

## ПЕПЕРУДИ И СУПЕРСТРУНИ

Фрийман Дж. Дайсън



Нашата кратка разходка из Вселената ще започне със суперструните и ще завърши с пеперудите. Ще има обаче няколко спирки по пътя. Както и Данте при неговата обиколка в Ада, аз също ще се опитвам да намирам на всяко от нивата някакви колоритни характеристики, които да внасят разнообразие в иначе доста подтишкащата обстановка. Нямам намерение да обяснявам какво представляват пеперудите и суперструните. Не е нужно да обяснявам пеперудите, защото всеки ги е виждал. А е невъзможно да се обяснят суперструните, защото никой не ги е виждал. Но моля ви не смятайте, че имам намерение да

ви баламосвам. Суперструните и пеперудите са само примери за две различни страни на Вселената и за две различни понятия за красота. Суперструните се появяват в началото, а пеперудите – в края, защото те са екстремални примери. Пеперудите са екстремален пример за конкретност, суперструните – за абстрактност. Те маркират границите на територията, върху която се простира влиянието на науката. Всяка от тях е прекрасна по свой собствен начин. И двете са твърде неразбираеми от научна гледна точка. Според науката една пеперуда е поне толкова тайнствена, колкото една суперструна. Щом нещо престане да бъде тайнствено, то вече загубва притегателната си сила за учените. Почти всички неща, за които учените мислят и мечтаят, са тайнствени.

Всяка от спирките в нашата обиколка представлява сцена, взета от моя живот на учен, работещ в Принстън. Започвам със сцената на моята първа среща със суперструните. През пролетта на 1985 г. Ед Уитън, един от най-брилянтните млади физици в Университета Принстън ми съобщи, че има намерение да изнесе лекция. Вървях на най-различни слухове. Някои хора казаха, че били чули, че Уитън бил създад нова теория на Вселената. Други гледаха скептично на този въпрос. Независимо обаче дали вярвах на слуховете или не, беше ясно на всички, че тази лекция щеше да бъде едно извънредно събитие. Може би дори щеше да стане историческо събитие. Когато уреченият час настъпи, нашата семинарна стая беше натъпкана с хора, някои от тях стари и известни, други – млади, но всички преизпълнени с нетърпение и очакване.

Уитън говори много бързо и без да спира в продължение на час или повече. Това беше една зашеметяваща демонстрация на математична виртуозност. Както Уитън скромно отбеляза в края, това беше също така една нова теория на Вселената. Докато той говореше, аз си спомних за една лекция на младия Джулън Шуингър, от преди 35 години. Джулън Шуингър беше най-блестящият ученик на Робърт Опенхаймер. Той беше вундеркинда на физиката през 1940-те

години. Спомням си, че Опенхаймер беше казал по този случай: „Когато един обикновен човек изнася лекция, то целта му е да ти покаже как да го направиш, а когато Джулиън изнася лекция, той има за цел да ти покаже, че само той може да го направи“. Когато Ед Уитън достигна до края на своето време от около час и половина, сред публиката нямаше някой като Опенхаймер, който да направи съответната остроумна забележка. Слушателите седяха мълчаливи. След известно време председателят на сесията призова за въпроси. Слушателите продължиха да мълчат. Нямаше въпроси. Нито един от нас не беше достатъчно смел да стане и да разкрие своето дълбоко невежество. Докато се изнасяхме подтиснати от залата, аз чухах тихи гласове, задаващи въпросите, които никой не се беше осмелил да зададе на висок глас. „Това някаква нова фантазия ли е или е нещо истинско?“ „Какво е това суперструна все пак?“ „Това има ли нещо общо с реалността?“ Много въпроси, но нито един отговор.

Описвам тази сцена, защото тя илюстрира добре какво значи да изследваш Вселената на възможно най-абстрактно ниво. Ед Уитън поема голям риск. Той до такава степен се е задълбочил в абстрактното, че даже измежду неговите приятели, малцина разбираят за какво говори. Той не е сам. Една група млади хора в Принстън и няколкостотин на други места се чувстват заедно с него у дома си в теорията на суперструните. Не той измисли суперструните. Те бяха измислени от двама физици в Калифорния и в Лондон. Ролята на Ед Уитън беше да вгради суперструните в една математична структура, която отразява във впечатляваща степен наблюдения строеж на частиците и на полетата във Вселената. След като го бяха чули да говори, много от слушателите му седнаха на бюрата си и си написаха домашното, което трябваше да е готово предварително – да прочетат неговите статии и да научат езика му. Следващия път, когато той говори, ние ще го разбираме по-добре. Следващия път може би ще се осмелим да задаваме въпроси. Спомням си, че лекцията на Джулиън Шингър през 1949 г., която тогава ни изглеждаше толкова неразбираема, се оказа впоследствие вярна. Теорията на Ед Уитън е по-амбициозна от тази на Шингър, но има вероятност и тя да се окаже вярна.

Сега му е времето да обясним какво всъщност е това суперструна. Тук се натъквам на същия тип трудност като тази, изпитана от Евклид преди 2200 години. Евклид се опитвал да обясни на читателите идеята си за геометрична точка. По този повод той формулирал своята прочута дефиниция за точка: „Точката е нещо, което не притежава съставни части и големина“. Тази дефиниция не би могла да бъде от голяма полза за някого, който нищо не разбира от геометрия, но иска да разбере какво е това точка. Евклидовото понятие за точка става ясно едва тогава, когато човек прочел много повече неща от самата дефиниция и е разбрал как точката се отнася спрямо линиите, равнините, кръговете и сферите. Точката не може да съществува самостоятелно. Тя съществува само като част от системата взаимосвързани обекти, които съставляват Евклидовата геометрия. Тъкмо това се има предвид, когато се казва, че точката е

математична абстракция. Въпросът „Какво е точка?“ няма задоволителен отговор. Евклидовата дефиниция със сигурност не е отговор на този въпрос. Правилният начин да се зададе този въпрос е: Как понятието за точка се вмества в логическата структура на Евклидовата геометрия? На този въпрос може да се отговори, след като човек е разбрал Евклидовите аксиоми и теореми. Но не може да му се отговори посредством една дефиниция.

Ако решава да следвам примера на Евклид и се опитам да дам дефиниция на суперструна, тя би могла да звуци горе-долу така: „Суперструната е сложна крива, която се движи в десетмерно пространство-време с особена симетрия.“ Също както Евклидовата дефиниция за точка и тази ни назава твърде малко. Тя просто ни създава една невърна картина за някаква сложна крива, която се лута съвсем сама в една тъмна стая. В действителност суперструната никога не е съвсем сама, точно както и Евклидовата точка никога не може да бъде сама. Според теорията на суперструните, десетмерното пространство-време е запълнено с кипяща маса от суперструни. Обектите, с които борави теорията, не са отделни суперструни, а състояния на групи на симетрия, по които могат да бъдат разпределени суперструните. Предполага се, че групите на симетрия са наблюдавани. Ако теорията е успешна, тогава групите на симетрия, изведени от математиката на суперструните, ще съответстват на групите на симетрия на полетата и частиците, които регистрираме в лабораториите. Такова съответствие далеч още не е изследвано в подробности. Ентузиазът на Уитън се дължеше на факта, че теорията издържа няколко важни проверки, с които другите теории не можаха да се справят. Самият факт, че е намерена теория на Вселената, която да не е математически вътрешно противоречива, е вече значителен успех.

Самото понятие „суперструна“ произлезе от една историческа аналогия. Най-великото постижение на Айнщайн беше неговата теория на гравитацията от 1915 г. Шейсет години по-късно беше открит нов вариант на Айнщайновата теория, който постави гравитацията в по-тясна връзка с останалата част на физиката. Новата версия на гравитацията беше наречена „супергравитация“. Горе-долу по същото време, когато възникна супергравитацията, беше предложен нов модел за взаимодействията на частиците. Новият модел на частиците беше наречен „Теория на струните,“ защото той представяше частиците като едномерни криви или струни. Накрая същият математически трик, който превърна гравитацията в супергравитация, превърна и струните в суперструни. Ето така суперструните получиха своето име. Името, както и самата суперструна, е математическа абстракция.

Суперструните имат една забележителна характеристика, която лесно може да се опише с думи. Те са малки. Те са неимоверно малки. Тяхната изключителна малкост е една от основните причини, поради които не бихме могли да се надяваме да ги наблюдаваме директно. За да дадем количествена представа за тяхната малкост, ще ги сравня с други неща, които не са толкова малки. Представете си, ако можете, четири неща, които имат много различни големини.

Първо, цялата видима Вселена. Второ, планетата Земя. Трето, ядрото на един атом. Четвърто, една суперструна. Съотношението в големините на всеки два съседни члена в тази редица е грубо казано, едно и също. Земята е около десет на двайсета степен пъти по-малка от видимата Вселена. Атомното ядро е по-малко от Земята около десет на двайсета пъти. А суперструната е по-малка от ядрото също около десет на двайста пъти. Това може да ви даде представа за това колко далеч трябва да навлезем в областта на намаляващите обекти, за да стигнем до суперструните.

Главното, което се опитвам да покажа с тази дискусия, е изключителната отдалеченост на суперструните от всяко нещо, което бихме могли да видим или да докоснем. Даже за някои експерти в областта на теоретичната физика суперструните са трудни за осъзнаване. Теоретиците физици са свикнали да се ориентират в един свят, отделен от осезаемите обекти чрез две нива на абстракция. От осезаемите атоми се придвижваме през едно ниво на абстракция до невидимите полета и частици. Тръгвайки от полета и частици и преодолявайки второ ниво на абстракция, достигаме до групите на симетрия, посредством които са свързани частиците и полетата. Теорията на суперструните ни пренася отвъд групите на симетрия, към две други нива на абстракция. Третото ниво на абстракция е интерпретацията на симетрийните групи в термините на състояния в десетмерното пространство-време. Четвъртото ниво е светът на суперструните, посредством чието динамично поведение са дефинирани състоянията. Не е чудно, че повечето от нас бяха доста затруднени да следват Ед Уитън по целия път до четвъртото ниво.

Какви философски заключения можем да направим от абстрактния стил на суперструнната теория? Бихме могли да констатираме, подобно на това, което направи Сър Джеймс Джийнс преди много години, че Великият архитект на Вселената започва все повече да прилича на чист математик и че ако се заемем достатъчно задълбочено с математиката, ние ще бъдем в състояние да разчетем Неговия замисъл. Или пък бихме могли да достигнем до заключението, че вървейки по пътя на все по-големите абстракции, ние сме се отдалечили от онези части на мирозданието, които са най-интересни от човешка гледна точка. За сега е много рано да се правят такива изводи. Трябва поне да изчакаме докато експертите изяснят, дали теорията на суперструните има нещо общо с Вселената, която обитаваме. Ако тази теория е погрешна, то това би трябвало да може да се установи в течение на няколко години. Но ако тя е вярна, за да се докаже това, ще е необходимо малко повече време. Докато изчакваме, нека премина към следващата спирка от нашата разходка. Следващата спирка – това са черните дупки.

Сцена на моята среща с черните дупки стана едно посещение в Принстън на големия английски физик Стивън Хокинг. Това се случи преди няколко години. Хокинг е един от много малкото учени, които имат същото количество дълбоки и оригинални идеи, колкото Ед Уитън. Но във всяко друго отношение той е безк-

райно различен от Ед Уитън. Той е осакатен от един вид склероза, която го държи прикован в инвалидна количка. По това време той говореше много трудно с глас, който само приятелите му можеха да разбираят. Сега той изобщо не може да говори. Винаги изпитваш шок, когато го видиш за пръв път в такова жалко състояние. Но много скоро, само след няколкоминутен разговор, силата на неговия дух отхвърля всяко чувство на съжаление. Вие забравяте болестта и се наслаждавате на общуването с човешкото същество Стивън Хокинг. Той е не само научен гений, но също така проницателен наблюдател на човешките взаимоотношения, с тънко чувство за хумор. След като сте го опознали добре, вече се отнасяте към него не като към инвалид, а като към блестящ колега учен. Като продължава своята научна активност въпреки тежкия си недъг, той е постоянен източник на духовна сила за хиляди хора, които трябва да се справят с далеч по-леки недъзи.

Аз изпитвах известна тревога, когато Стивън Хокинг пристигна в Принстън, защото той дойде през февруари, а месец февруари в Принстън може да бъде доста неприятен. Общо взето февруари е нашия най-студен месец. Понякога навалява много сняг, а след снега често имаме редувавши се периоди на топене и заледяване като пътищата се покриват или с лед, или с киша. Тревожех се, като си представях как Стивън със своята инвалидна количка се опитва да преодолява снежни преспи, ледове и киша. Оказа се, че не е трябвало да се тревожа. В деня, когато Стивън пристигна, топли южни ветрове изсушиха улиците. Слънцето изгря и продължи да грее през цялото време, докато Стивън беше при нас. Той бръмчеше навсякъде из Принстън със своята електрическа количка и си правеше шеги с нашите тревоги.

Той ни разказа новата си теория за черните дупки, която току що беше създал. Идеята за черните дупки е едно от най-драматичните следствия на Айнщайновата теория на гравитацията. Според уравненията на Айнщайн, всяка массивна звезда в края на своя живот, когато вече е източила всичкото си ядрено гориво, продължава да се свива и да става все по-малка и по-плътна, под действието на собствената си гравитация. Когато ядреното гориво се изчерпи напълно, звездата преминава в състояние на гравитационен колапс. Всички части на звездата падат повече или по-малко свободно навътре към нейния център. И така вие бихте предположили, че свободното падане не може да продължи твърде дълго, защото падащите части скоро ще достигнат центъра. Но от уравненията на Айнщайн следва странното заключение, че звездата може да продължи да живее завинаги в състояние на перманентно свободно падане, без да достигне дъното. Това състояние на непрекъснато свободно падане на звездата се нарича черна дупка.

Как е възможно да стане така, че звездата да продължава завинаги свободното си падане, без да достигне дъното? В действителност се оказва, че пространството в областта на дупката е така силно закривено, че пространството и времето преминават едно в друго. Докато падате в дупката, времето се превръща в пространство, а пространството – във време. По-точно, наблюдавайки колаби-

ращата звезда отвън, вие ще забележите нейното движение да се забавя и да спира поради това, че направлението на времето вътре в дупката е перпендикулярно на направлението на времето, гледано отвън. Това състояние на нещата е трудно да бъде онагледено, но както изглежда, природата работи именно по този начин. Колабиращата звезда може да продължи до безкрайност своето свободно падане, понеже нейното усещане за хода на времето се оказва перпендикулярно на нашето. Това е класическото понятие за черна дупка, произтичащо от теорията на Айнщайн, което се приемаше за вярно, преди да се намеси Стивън Хокинг. Но дори и след Хокинг се смята, че класическата теория е добро приближение, когато се разглеждат практически проблеми. Тя твърди, че черните дупки са абсолютно перманентни и абсолютно черни. Една идеална черна дупка би погълнала без остатък всеки предмет, попаднал върху нея, и не би могла да изльчи от повърхността си никаква светлина или каквото и да е друго лъчение. Ние имаме доста сигурни доказателства, че черните дупки съществуват и че даже са твърде разпространени в тази част на Вселената, която сме в състояние да наблюдаваме. Що се отнася до наблюдаемите свойства на черните дупки, класическата теория дава задоволително описание на явленията.

Но Стивън Хокинг ни каза, че класическата теория не е достатъчно добра. Стивън излезе отвъд класическата теория в няколко направления. Той успя да сътвори самосъгласувана картина на черните дупки, включваща не само законите на гравитацията, но също и законите на термодинамиката. В неговата нова картина черната дупка е не просто една бездънна бездна, а физически обект. Черната дупка не е напълно черна, а излъчва топлинно лъчение с някаква определена температура. Черната дупка не е вечна, а в края на краишата се превръща в чисто лъчение. Така Стивън извади черните дупки от областта на чистата математическа абстракция и ги нареди между обектите, които могат да се наблюдават и да се изследват.

Не бих искал да създавам впечатлението, че новата теория на Стивън напълно разбулава мистерията и ни дава възможност да разберем напълно черните дупки. Новата теория далеч не е математически безупречна, а още по-малко е проверена експериментално. Тя дори още повече задълбочава мистерията около черните дупки. Стивън Хокинг продължава да търси на тъмно такива понятия, които биха направили неговата теория по-разбираема. Както обикновено, когато се ражда една дълбоко оригинална теория, първо се пишат уравненията, а едва по-късно се достига до ясно разбиране на техния физичен смисъл. Може би най-добрият начин да се осмисли откритието на Стивън е, като се използва една друга историческа аналогия. През 1900 г. Макс Планк написа едно уравнение  $E = hv$ , където  $E$  е енергията на една светлинна вълна,  $v$  е нейната честота, а  $h$  е константа, която сега е известна като константата на Планк. Уравнението на Планк постави началото на квантовата теория. Смисълът на това уравнение е, че енергията и честотата са едно и също нещо, но измерено в различни единици. Енергията се измерва в ергове, а честотата – в херци.

Планковата константа ви дава коефициента, необходим за превръщане на честотата в енергия, а именно  $6 \times 10^{-27}$  ерга на херц. Но през 1900 г. това уравнение нямаше физичен смисъл. Дори самият Планк не го беше разбрал. Той знаеше само това, че неговото уравнение дава правилни отговори на някои въпроси от теорията на лъчението. Но какъв е смисълът да се каже, че енергията и честотата са едно и също нещо? Физичният смисъл на това твърдение започна да се изяснява едва 25 години по-късно, когато Планковото уравнение беше въведено в теорията, която сега наричаме квантова механика.

А сега Хокинг е написал едно уравнение, което много прилича на Планковото уравнение. Уравнението на Хокинг е  $S = kA$ ,  $S$  е ентропията на черната дупка,  $A$  е площта на нейната повърхност, а  $k$  е една константа, която аз наричам константа на Хокинг. Ентропията, грубо казано, е мярка за топлинния капацитет на един обект. Тя се измерва в единици калории на градус.  $A$  се измерва в квадратни сантиметри. Уравнението на Хокинг казва, че ентропията и площта са едно и също нещо. Коефициентът на обмяна между ентропията и площта се дава от константата на Хокинг, която е равна приблизително на  $10^{41}$  калории на градус на квадратен сантиметър. Този множител  $10^{41}$  показва колко много е отдалечена черната дупка от естествените и близки до човешкото възприятие измервателни единици. Но какво всъщност означава да се твърди, че ентропия и площ са едно и също нещо? Ние сега сме толкова далеч от разбирането на това, колкото далеч е бил Планк през 1900 г. от разбирането на квантовата механика. Всичко, което можем да твърдим със сигурност е, че уравнението на Хокинг представлява ключ към изясняване на загадката за черните дупки. Ние сме уверени, че това уравнение по някакъв начин ще се окаже в основата на все още неродената теория, която ще обедини в едно цяло гравитацията, квантовата механика и термодинамиката.

Хайзенберг, който изобрети на 25-годишна възраст квантовата механика, е роден през годината в която беше написано уравнението на Планк. Уравнението на Хокинг е само на дванайсет години. Аз се надявам, че в момента има такива даровити дванайсетгодишни юноши, които се интересуват от наука. Трябва много да внимаваме да не обезкуражим тези дванайсетгодишни момчета и момичета, като ги принудим да пропилеят най-добрите години от своя живот в подготовка за изпити. Ако не задушим техния интерес към науката, един от тях може да се окаже новият Хайзенберг, който да вгради уравнението на Хокинг в една напълно съгласувана математическа теория на черните дупки. Дванайсетгодишните ще бъдат на 25 години през 2000 година и това ще бъде един подходящ момент за раждане на новата теория на Вселената.

Третата спирка на моята разходка из Вселената е по-близо до дома. Тя се нарича облак на Оорт. Ян Оорт е прочут холандски астроном, който макар и вече на 87 години, продължава редовно да посещава Принстън. В нашия институт в Принстън ние понякога организираме събирания, които се обявяват като Шотгън семинари. Семинарът Шотгън е лекция, която се изнася от някой член

на института пред аудитория от доброволци. Темата на лекцията се обявява една седмица предварително, но името на лектора – не. Непосредствено преди започване на лекцията, имената на всички присъстващи се записват на отделни листчета, тези листчета се поставят в кутия, кутията се разтръска, за да се размесят листчетата, и тогава тържествено се изтегля едно от тях. Името, написано на това листче, избрано по такъв напълно случаен начин, е името на лектора. Основното правило на този семинар е, че човек, чието име не е сред листчетата, няма право да слуша лекцията. Това правило осигурява всеки от присъстващите да се е подготвил предварително по подходящ начин. Публиката е поне толкова добре подгответа, колкото и самият лектор. Слушателите са готови да спорят и да противоречат при най-малко запъване и колебание от страна на говорещия. Всеки, който не е мислил достатъчно върху темата на семинара, е по-добре да не идва на него. Преди няколко години, когато Ян Оорт беше още само на 82 години, той случайно и неочекано се оказа в семинарната зала, непосредствено преди започване на един Шотгън семинар. Ние седяхме около една маса и пиехме кафе. Той също си взе кафе и седна при нас, с надеждата да чуе последните астрономични новини. Така ние изпаднахме в затруднение. От една страна Ян Оорт беше наш почетен гост и ние не можехме да го помолим да напусне залата. От друга страна обаче, ние не можехме да нарушим нашето най-важно правило и да го оставим при нас, ако не добавим и неговото име в кутията. Така че се наложи да се извиним, като му обясниме проблема. Тогава той попита каква ще бъде темата на семинара. Казахме му, че се отнася за най-новите работи върху стабилността на орбитите на звездите, които се въртят около центъра на Галактиката. Тогава той каза: „Няма проблеми, оставам. Поставете и моето име при останалите. „И така той остана. Името му не беше извадено от кутията. Но той взе активно участие в дискусията, присъединявайки се към останалите, които се опитваха да объркат говорещия. Накрая той застана до черната дъска и ни изнесе едно десетминутно резюме на дискусията, което беше далеч по-ясно от всичко, което бяхме изслушали онази сутрин.

Ян Оорт откри Облака на Оорт преди около 40 години. Облакът представлява огромно натрупване на комети, слабо свързани със Слънчевата система. Според идеята на Оорт, там би трябвало да има милиони и милиони комети – парчета скала и лед, големи колкото една земна планина, които се движат бавно и хаотично около Слънцето в космоса, извън междупланетното пространство. Когато обаче някоя от тези бучки лед премине достатъчно близо до Слънцето, топлината от Слънцето силно нагрява неината повърхност, а отделените газ и прах образуват дълга светеща опашка, която ние виждаме като комета. Оорт пресметна, че неговият облак е в състояние да даде обяснение за появата на нови комети средно веднъж годишно, което се наблюдава в действителност. Смята се, че кометите са породени от колабирация облак от междузвезден прах преди около 4 милиарда години, по същото време, когато са се образували Земята и Слънце-

то. От изобилието на стари кратери на лунната повърхност може да се направи заключението, че честотата на кометните попадения върху Луната е била много по-висока в по-ранните години на Луната отколкото днес. Облакът на Оорт ще да е бил много по-плътен тогава, отколкото е сега. Но и днес след 4 милиарда години е останало достатъчно количество, за да се осигури приток на комети към Слънцето които представляват постоянен източник на предзнаменования за нещастни или пък щастливи събития, отправени към северното човечество.

От време на време някоя комета се удря в Земята. Когато голямо тяло се удари в Земята, то издълбava кратер, подобен на кратерите, които се наблюдават върху Луната. Върху Луната могат да се намерят кратери, датиращи почти от възникването на Слънчевата система. Върху Земята по-старите кратери се заглаждат поради ерозията и поради покриването им с различни материали, но все пак остават следи, които геолозите могат да установят. На Земята са намерени около 50 големи кратера, чиято възраст може да се измери чрез изследване на скалите, които лежат под тях и на наслояванията върху тях. След като беше измерена възрастта на кратерите, се установи, че те са възниквали на групи. Тяхната възраст не е разпределена равномерно през годините. Намерени са няколко кратера, чиято възраст е съсредоточена в интервал от няколко милиона години, после следва голяма празнина, после отново сгъстяване и т.н.

Най-близкият голям кратер до Абърдийн е Рийзкесел в Германия. Заслужава си да го види човек. В самия му център има един хубав стар германски град, наречен Ньордлинген. Ньордлинген все още пази своята средновековна стена. Ако се изкачиш до върха на кулата на старата стена, виждаш цялата околност. Във всички посоки се вижда мека хълмиста местност, простираща се до един пръстен от хълмове. Този пръстен обгражда града разстояние от около осем километра. Ако застанеш на върха на кулата и се абстрахираш от тревата, дърветата, хората и къщите, този пръстен от хълмове на хоризонта ще изглежда точно така, както изглежда един лунен кратер на някого, който стои в центъра му. Единствено поради дърветата и къщите ръбът на кратера не е така отчетлив. Причината, поради която посетих Ньордлинген, беше, че моята жена имаше една леля – нашата леля Дора, която живееше там. Леля Дора беше живяла в центъра на Рийзкесел в продължение на 20 години и не беше го забелязала, докато аз не я обърнах внимание върху тази особеност. А самият Рийзкесел беше съществувал в продължение на около 15 miliona години. Той спада към най-младите групи кратери.

Рийзкесел не е голям кратер според общите астрономични стандарти; някои от по-старите кратери, както на Земята, така и на Луната, са много по-големи. Общо взето, когато една комета се удари в Земята, тя създава кратер десет пъти по-голям от самата себе си. Рийзкесел, чийто диаметър е около 10 мили, вероятно е бил създаден от комета с големина около една миля. Голяма комета, каквато е например Халеевата, с диаметър около 10 мили, би направил кратер от около 100 мили, ако се удари в Земята.

Всеки кометен удар, даже такъв със сравнително скромни размери като Рийзкесел, трябва да е представлявал екологична катастрофа за съществата, които са имали нещастието да живеят по това време. Небето ще да се е затъмнило от черен облак, съдържащ огромни количества пулверизирана скала и прах. Вероятно са възникнали резки промени в метеорологичната обстановка по цялата Земя. Не би било чудно, ако много растителни и животински видове, внезапно поставени в условия, при които не са пригодени да живеят, са изчезнали. И действително, намерените вкаменелости доказват убедително, че такива изчезвания наистина са се случвали. Палеонтолозите говорят за „масови изчезвания“, когато откритият акт на едновременно изчезване на много видове. Най-значително е масовото изчезване, което е станало преди около 65 милиона години, когато са измрели динозаврите, без да остане нито един единствен вид от тях. Горе долу по същото време, когато се е случило това нещастие на динозаврите, внезапно са измрели също и голям брой различни видове микроскопични растения и животни в океаните. Съществуват данни, че поне в този случай загиването на морските обитатели станало по време, когато някакъв голям космически обект се е ударил в Земята. Варовиковите пластове, в които са открити микроскопичните вкаменелости, са прекъснати от тънък слой глина. Този слой глина притежава всички необходими химични свойства, отговарящи на неговия произход от разстилането на прах, който се е получил в резултат на удар с извънземно тяло. Времето на образуване на глината съответства точно на времето, когато са изчезнали голяма част от видовете. Над слоя глина се появяват нови разновидности вкаменелости вместо старите.

Кратерът, съответстващ на станалия преди 65 милиона години катализъм, все още не е намерен. Такива неща често се случват в науката. Понякога липсват данни и доказателства за някои от най-известните събития. Може би кратерът, свързан с изчезването на динозаврите, е скрит на дъното на някой от океаните. Или пък просто е изчезнал при образуването на някой океан. Днес е известно, че за периода от 65 милиона години, откакто са изчезнали динозаврите, поне половината от океанското дъно се е преобразувало в резултат на земни нагъвания, а огромна част от старото дъно е потънало в образуваните вдълбнатини. Така че невъзможността да бъде открит кратер на възраст 65 милиона години не може да обори теорията, че изчезването на динозаврите се дължи на извънземен удар. Фактите, отнасящи се до причинната връзка между определени събития от далечното минало, никога не могат да бъдат еднозначни.

Ако разгледаме не един отделен случай, а цялата известна история на биологичните изчезвания и на кратерите, създадени от удари върху Земята, ще открием обща закономерност. Тази закономерност е видна както от данните за откритите вкаменелости, така и от земните слоеве, съдържащи отломки от ударите върху Земята. И в двете хроники се съдържат групирания на събитията. Масовите изчезвания не стават светкавично, а са разпределени във времеви период с продължителност около 1-2 милиона години. Три или четири от слоевете с от-

ломки са групирани в период от милион години. Между тези групирания лежат огромни по продължителност периоди от време, през които рядко се срещат биологични изчезвания и възниквания на кратери. Но и тогава датите на изчезванията и на възникналите кратери съвпадат в рамките на допустимите грешки на измерванията. Наблюдаваната последователност на събитията ни позволява да направим заключението, че Земята е била бомбардирана не от равномерен град от комети, а от отделни кометни градушки. Всяка от тези кометни градушки очевидно продължава около един милион години и води до няколко на брой сериозни попадения върху Земята. Ако ние живеехме сега в период на кометна градушка, щяхме да сме свидетели на появата на нови комети с честота от десет до сто на година а не както е сега, по една на година. И нашият шанс да претърпим директно попадение би нараснал в същото съотношение.

За да разберем защо възникват кометните градушки, ще се върнем към облака на Оорт. Теорията на кометните градушки беше разработена от Джак Хилс, американски физик, понастоящем работещ в Лос Аламос. Той се досети, че движенията на кометите в облака на Оорт не са напълно произволни. По принцип кометите в облака би трябвало да се движат в произволни посоки, но онези от тях, чието движение се окаже насочено към Слънцето, са обречени на кратък живот. Действително, ако кометата се приближи прекалено много до Слънцето, тя ще бъде изгорена и унищожена от него. А може и да мине в близост до някоя от планетите и в резултат на това да придобие допълнителна скорост, която да я изхвърли далеч от Слънчевата система. И в двата случая кометата ще бъде откъсната от облака на Оорт. В резултат на това облакът на Оорт съдържа в себе си един тесен празен конус, наречен „конус на загубите“. Скоростите на кометите в облака са напълно произволни с изключение на скоростите, попадащи в тесния конус, които липсват. Празният конус съдържа именно тези скорости, които са насочени право към Слънцето. А Земята е достатъчно близо до Слънцето, така че скоростта на всяка комета, която би могла да се удари в Земята, попада в конуса на загубите. На това се дължи нашето оцеляване. Земята през цялото време се намира в центъра на този порой от комети, но не е засегната, защото е вътре в конуса на загубите. Конусът на загубите служи като чадър, който ни защищава от кометите. Джак Хилс изчисли големината на този конус на загубите и показва, че той е достатъчно голям, за да се запази Земята.

Обаче Слънцето и облакът на Оорт не са сами във Вселената. Слънцето се придвижва в Галактиката, преминавайки през непрекъснато променяща се конфигурация от други звезди. От време на време се случва някоя друга звезда да се приближи достатъчно до Слънцето, така че да повлияе върху орбитите на кометите в облака. Чуждата звезда не е необходимо да се приближи твърде много. Достатъчно е тя да отклони орбитите само на малък ъгъл, така че тесният празен конус да се отмести в известна степен от Слънцето. В такъв случай Слънцето и Земята ще се окажат извън конуса на загубите. Чадърът, който ни защищава, е отместен. Земята ще бъде изложена в пълна степен на градушката на кометите дотогава, докогато не отмине чуждата звезда и действието на Слън-

чевата топлина и на планетните удари не създадат нов конус на загубите. Обикновено възникването на новия конус на загубите трае около милион години. В продължение на тези един милион години, Земята е изложена на град от кометни удари. Щом се образува новият конус на загубите, Земята вече е защита от кометните удари дотогава, докато някоя нова звезда не се приближи до Слънцето. Така възникват циклите на кометните градушки.

Теорията на облака на Оорт и теорията на кометните градушки са построени на здравата основа на астрономичните факти. Съответствието между кометните градушки (образуванията на кратери върху земната повърхност) и биологичните изчезвания е основано върху безспорно установени биологични и палеонтологични факти. Но историята с кометните градушки има и друга страна, която не е така добре обоснована. Някои палеонтолози поддържат тезата, че масовите изчезвания или групи от изчезвания, протичат на равни интервали от около 26 miliona години. Те са установили масови изчезвания или групирания на масови изчезвания на форми на живот датирани преди 13, 39, 65 и 91 miliona години, описващи цикъл с период от 26 miliona години. Други палеонтолози, изучаващи същите факти, достигат до заключението, че изчезванията протичат нерегуллярно, без ясно дефинирана периодичност. Общността на геолозите е разделена по същия признак. Някои от геолозите намират убедителни доказателства за съществуването на регулярна периодичност на датите на възникващите големи кратери върху земната повърхност. Други геолози, изучаващи същите явления, не са убедени в това. Ако трябва да обобщим този дълъг и сложен спор, може да се каже, че данните за определена периодичност на кометните бомбардировки са показателни, но не и безспорни. Безспорно е само това, че кометните градушки са състояли. Но не можем да твърдим със сигурност, че са станали на равни интервали.

Пийт Хът, друг холандски астроном, 50 години по-млад от Ян Оорт, решил да се заеме сериозно с хипотезата, че кометните градушки са периодично явление. Ако те действително са периодични, тогава обяснението, че са причинени от случайното доближаване на някоя чужда звезда, не може да е вярно. Ако градушките са периодични, то те би трябвало да се обяснят с друга теория. Пийт Хът и неговият приятел Рич Мулер създадоха алтернативна теория, с цел да обяснят периодичността, в случай че тя се окаже реална. Алтернативната теория била наречена Немезида. Немезида е една въображаема звезда, принадлежаща на нашата собствена слънчева система. Тя е гравитационно свързана със Слънцето и образува с него двойна звезда. Ние сме в състояние да изчислим доста точно къде се намира тази звезда, ако тя въобще съществува. Тя е отдалечена от нас на около 2.5 светлинни години. Но ние нямаме никаква представа в каква посока е разположена тази звезда, нито дали е достатъчно ярка, та да можем да я видим с телескоп. Няколко астронома се занимават с нейното търсене, но досега никой не я е намерил. В края на краишата това може да се окаже една химера – митично същество, сътворено от мечти и разкази на пътешественици.

Според теорията на Пийт Хът, Немезида има удължена орбита, както и

много от двойните звезди. През голямата част от времето тя се намира на огромно разстояние от Слънцето и не оказва никакво влияние върху кометите от облака на Оорт. Но веднъж на всеки 26 милиона години тя ще изминава сравнително бързо тази част от своята орбита, която е разположена близо до Слънцето. Докато преминава край Слънцето, тя предизвиква отклонения в орбитите на кометите, водещи до кометни градушки, точно както би станало с една чужда звезда. Поради това, че близките преминавания на Немезида стават през равни интервали, то и кометните градушки ще имат същата периодичност.

Тъй като последното групиране на изчезвания на видове и възниквания на кратери върху земната повърхност е станало преди около 13 милиона години, трябва да се приеме, че сега сме някъде около средата на цикъла. Това означава, че Немезида, доколкото въобще съществува, би трябало да се намира в най-отдалечената част на орбитата си. Именно това беше моето основание да кажа, че тя се намира на разстояние точно 2.5 светлинни години. Okазва се, че максималното разстояние между Немезида и Слънцето може да се определи доста точно, ако е известен периодът на нейната орбита. Друго, което със сигурност знаем за Немезида, в случай че съществува е, че тя се движи изключително бавно спрямо Слънцето. Нейната орбитална скорост ще да е няколкостотин метра в секунда, което е стотина пъти по-бавно от средната скорост на другите заобикалящи ни звезди. И това е едно от най-парadoxалните неща в теорията на Немезида. От една страна имаме тази двойна звезда, която е много слабо свързана и притежава гигантска орбита, а от друга страна имаме външни звезди, които пресичат нейната орбита средно по веднъж на един милион години. За едно завъртане на Немезида около Слънцето, от двайсет до трийсет други звезди ще пресекат нейната орбита. Би било естествено да се предположи, че този звезден порой напълно ще деформира орбитата и ще откъсне Немезида от Слънцето преди тя да е направила и едно завъртане. Много учени оспорваха теорията за Немезида въз основа на това, че една двойна звезда с такава огромна орбита не би могла да преживее стотици милиони години всред нашата галактика. Но Пийт Хът изчисли точно въздействието на преминаващите звезди и констатира, че такава двузвездна система се съхранява изненадващо добре. Немезида и Слънцето се движат толкова бавно, че те почти не усещат кратките гравитационни импулси, предизвикани от бързото прелитане на другите звезди. Разбира се, Немезида няма да остане завинаги свързана със Слънцето, но времето, което ще е нужно на другите звезди да разкъсат тази връзка, е много по-дълго от 26 милиона години.

В миналото на три пъти се е случвало теоретиците астрономи да изобретяват нова планета въз основа на индиректни умозрителни факти и заключения. Първият път е през 1845 г., когато Адамс и Леверие независимо стигнат до заключението за съществуването на планетата Нептун, въз основа на въздействието, което тя упражнява върху движението на Уран. Една година по-късно Нептун действително е открит в предсказаната част на небето. Солучливото предсказание за съществуването на една неоткрита още планета е едно от централните

събития в научния живот на 19-то столетие. То направило силно впечатление на образованата публика от това време, като зрелищна демонстрация на способностите на човешкия разум да разкрива тайните на природата. Второто предсказване на нова планета става през 1859 г., когато същият Леверие, сега вече световно известен поради откриването на Нептун, насочил своето внимание към Меркурий. Той изучил необяснимото отклонение на движението на Меркурий от неговата теоретична орбита и стигнал до заключение за съществуването на една или повече планети, обикалящи около Слънцето във вътрешността на Меркуриевата орбита. Този път обаче историята нямала такъв щастлив край както първия път. Предполагаемата нова планета била наречена Вулкан. Много хора забелязали Вулкан, някои като светла точка на хоризонта при залез или при изгрев на Слънцето, други като тъмен силует, очертан върху диска на дневното Слънце. За съжаление нито един от наблюдаваните обекти не можа да бъде обяснен с помощта на съгласувана Нютонова орбита. Постепенно с подобряване на възможностите на експерименталната наблюдателна апаратура надеждите за откриване на Вулкан бавно затихвали. Накрая през 1915 г. Айнщайн показал, че отклоненията на Меркуриевата орбита могат да се обяснят като едно от следствията на общата теория на относителността, без намесата на Вулкан. Третото предсказание на планета стана също през 1915 г., когато Лоуел анализира останъчните пертурбации в орбитата на Уран и направи заключение за съществуването на нова планета отвъд Нептун. Този път планетата Плутон беше намерена на указаното място, обаче прецизните наблюдения показваха, че масата на Плутон е твърде малка, за да предизвика забележими деформации на орбитата на Уран. Откриването на Плутон се оказа една щастлива случайност и далеч не така впечатляваща демонстрация на силата на човешкия разум, както откриването на Нептун. Резюмирайки тези събития, можем да кажем, че от три теоретични предсказвания на нови планети, само едно се оказа правилно, едно се оказа погрешно, а третото беше щастлива случайност.

И ето сега имаме предсказанието за Немезида. Дали то ще се окаже вярно както Нептун, погрешно както Вулкан или щастливо попадение както Плутон? Само времето и търпеливите усилия на изследователите могат да отговорят на този въпрос. Ако се окаже че предсказанието е вярно и че Немезида наистина съществува, това ще бъде огромен успех, по-голям дори от откриването на Нептун. Нептун беше само една малка добавка към вече съществуващото голямо семейство на планетите. Немезида би било нещо много по-съществено, нещо уникатно, звездна сестра на Слънцето. Немезида, ако наистина съществува, ще промени драстично нашата представа за структурата и историята на Слънчева-та система. Пийт Хът и Рич Мулър предложиха името Немезида за тази придружаваща звезда. Те й дадоха името на „гръцката богиня, която без милостно преследвала извънмерно богатите, гордите и силните.“ Точно както е в стария гръцки мит, Немезида смири господарите на сътворението и даде шанс на новите идеи. Тази теория е много красива. Може би тя дори е вярна. Няма обаче да узнаем това, докато не издирим Немезида, където и да се крие тя в небето.

Що се отнася до последствията за живота на Земята, няма никакво значение дали Немезида съществува или не. Важният факт е, че съществуват кометните градушки. Ако се окаже, че кометните градушки имат ясна периодичност, тогава те ще могат да бъдат обяснени с въздействието на Немезида. Ако се окаже, че кометните градушки не са периодични, тяхното появяване би могло да се обясни с действието на други звезди, преминаващи в случайни моменти покрай Слънцето. Във всеки случай кометните градушки ще продължат да се появяват с досега наблюдаваната честота, около четири пъти на 100 милиона години. За мен теорията на кометните градушки е впечатляваща, защото това не е просто едно упражнение по теоретична астрономия. Това не е и просто една теория за Слънцето и звездите. Това е също така теория за историята на живота на Земята. Ако тази теория е вярна, това ще промени нашия начин на мислене за живота и неговата еволюция. Според теорията животът на Земята е бил изложен през равни или неравни интервали от време на жестоки сътресения. Приблизително на всеки 26 милиона години е ставала по една природна катастрофа, толкова мощна, че е могла да изхвърли утвърдените и силни господари от техните места и да даде шанс за изява на по-слабите и скромните. Онези същества, които са съумявали най-успешно да се пригодят към съществуващите стабилни условия на живот, са били обречени на загиване, щом заобикалящата обстановка се променяла внезапно. Затова пък създанията, които са били по-малко специализирани и по-гъвкави, са имали повече шансове да оцелеят, когато е удрял страшният час. Ние хората сме вероятно най-малко специализирани и най-гъвкави от всички сега съществуващи видове живот. Ние сме способни да се развиваме както през ледниковите епохи, така и при природни катастрофи. Кометните градушки трябва да са били един от основните фактори, който е спомогнал за нашата еволюция и ни е създал такива, каквито сме днес.

Последната спирка на нашата обиколка из Вселената ни връща в моя дом в Принстън. Вече сме се спуснали от небето на Земята, от абстрактните умозрителни теории към заобикалящата ни реалност. Моята най-малка дъщеря се завърна от музикален лагер в Масачузетс, носейки със себе си няколко монархови гъсеници в една стъкленица. Тя ги видяла да ядат млечни треви някъде около лагера. Ние в Принстън също си имаме млечни треви, така че тя имаше възможност да ги храни. След няколко дни обаче те спряха да се хранят, увиснаха на опашките си и започнаха да се превръщат в какавиди. Процесът на превръщането е приятен за гледане. Те се вмъкват в обвивката на какавидата по същия начин, както дебело момче се напъхва в спален чувал, който е поне с три размера по-малък от подходящия за него. От начало не ви се вярва, че гъсеницата ще се вмести вътре, но накрая се оказва, че спалният чувал е бил точно по мярка.

Две или три седмици по-късно се появяват самите пеперуди. Тяхното раждане е още по-интересно от образуването на какавидите. От вътрешността на спалния чувал изпълзява измачканият остатък от гъсеницата, но много по-малък и с малки мокри черни израстъци вместо крила. След това само за няколко

минути тялото изсъхва, краката и пипалата се втвърдяват а крилата се разгръщат. Малкото смачкано същество се впуска в живота като ослепителна красавица, оцветена в оранжево, бяло, черно... Ние я пускаме на свобода в близката нива и тя полита високо над дърветата и изчезва в небето. Надяваме се, че преместването от Масачузетс до Принстън не е нарушило ритъма на нейната есенна миграция. С малко късмет тя ще си намери другари за предстоящото дълго пътешествие на югозапад. Тя има да изминава дълъг път и през повечето време ще се бори с насрещните ветрове.

Светът на биологията е пълен с чудеса, но за мен нищо друго не е така чудно както метаморфозите на монарховата гъсеница. Нейният мозък се състои от една нищожна нишка нервна тъкан с дължина няколко милиметра, т.е. около един милион пъти по-малък от човешкия мозък. С помощта на тази почти микроскопична наличност от нервни клетки обаче тя знае как да управлява своите нови крака и криле, как да ходи и да лети и, използвайки някакви непонятни навигационни способи – да намери пътя в продължение на хиляди мили от Масачузетс чак до Мексико. Как е възможно всичко това? По какъв начин нейните поведенчески модели са програмирани първоначално в гените на гъсеницата а след това пренесени в нервната система на пеперудата. Ето това са тайните, от чието разкриване нашите колеги биолози са все още твърде далеч. И все пак ние вярваме, че вървим по пътя, водещ към тяхното разкриване. Действително, наблюдава се бърз напредък в необходимите дисциплини: биохимия, генетика, ембриология, цитология и неврофизиология. През следващите 20 или 50 години вероятно ще се научим да четем информацията, която е закодирана в ДНК на гъсеницата. Тогава ще разберем как тази информация управлява образуването на какавидата, на краката и крилата и на един мозък, с възможности за далечна навигация. Не след дълго всички тези чудеса на биохимичната технология ще бъдат достъпни. И тогава ще сме в състояние, ако пожелаем, да използваме инструментариума на пеперудата за нашите собствени цели.

Това е краят на нашата разходка. Дадох ви възможност да надникнете за миг последователно в четири различни части на Вселената, с които ми се е налагало да се занимавам професионално като учен. На първо място суперструните, нашият пореден опит да наложим дълбоко математично единство на законите на физиката. Второ, черните дупки – концептуалните лаборатории, в които ние експериментираме със структурата на пространството и времето. Трето, облакът на Оорт и кометните градушки, за които смятаме, че са определящи за еволюцията на живота на Земята. Четвърто, монарховата пеперуда, която се рее в лятното небе над дърветата и се отдалечава в безкрай, като символ на неуловимата красота и живо доказателство за това, че въображението на природата е по-богато от нашето собствено.

F.J. Dyson, „Butterflies and Superstrings“, в книгата „Atoms and Quarks“  
Превод С. Рашев

# ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА ФИЗИКАТА ВЪРХУ ОБЩЕСТВОТО И РОЛЯТА НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА В УЧИЛИЩЕ

Етиен де Волф

## I. ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА ФИЗИКАТА ВЪРХУ ОБЩЕСТВОТО

### Науката е култура

През последните десетилетия научното знание и техниката се развиха с впечатляващи темпове и оказаха драматично въздействие върху общество-то. Сега общество в Западна Европа стана даже твърде зависимо от техни-ката: за жилища, отопление, осветление, облекло, храна, придвижване, здра-веопазване, безопасност и сигурност. Без техниката повечето от трайните стоки, обществените блага, консумативите и услугите просто не биха същес-твували. И физиката е една от най-важните науки, допринесли за това разви-тие.

Но въздействието на науката би било невъзможно без участието на дру-ги фактори, които в крайна сметка определят дали дадено научно откритие ще има въздействие върху общество и какво да бъде това въздействие. Пътят от едно ново научно откритие до неговите приложения за общество-то е дълъг и сложен.

Повечето хора узнатават за такова откритие само ако то води до драматич-на промяна в научния светоглед и ако заедно с това медиите решат да го доведат до вниманието на публиката. И въпреки това в повечето случаи с право ще бъде посочено, че могат да изминат много години, преди открити-ето да получи никакво практическо приложение. А тъкмо практическите при-ложenia имат въздействие върху общество.

Ако по никаква причина дадено научно откритие не намери приложение в техниката, то тогава само една твърде ограничена група от хора ще изпита неговото влияние. Това са онези хора, които искат да бъдат информирани и които са имали късмета да получат научно образование, благодарение на което те могат да разберат за какво точно се отнася даденото откритие. Тези малцина на брой привилегированi хора вероятно ще бъдат още веднъж очаровани от красотата на природата или от изяществото на новата научна теория.

Така че даже без да има практически приложения, научното откритие е културно обогатяване на общество. И затова си заслужава този аспект на културата да бъде направен достъпен за повече хора. Това е възможно ако

сме готови да инвестираме в „профессионалното популяризиране“. Популяризирането е преди всичко задача пред самите учени, които не трябва да гледат на него като на нещо несъвместимо с достойнството им. Но също е част от обществения дълг на училищата, културните организации и медиите. За щастие не са редки чудесните примери на сериозно популяризиране. Но при цялото свободно време, с което сега разполагаме, и с всичките дидактични помагала, които са на наше разположение, има още много да се прави. Доброто популяризиране на науката има определено положително въздействие върху обществото.

При все това научните открития имат значително въздействие върху обществото само ако те в крайна сметка водят до създаването на привлекателни нови или подобрени продукти, с които ние ще имаме работа в нашето ежедневие. А за това превръщане на науката в материални предмети е необходима техника.

### **Наука и техника**

Науката има работа с *познанието*, а техниката – с *правенето*. Науката обхваща всичко, което човечеството знае за материята, енергията, природните сили, законите на природата и за природните явления, които протичат във Вселената.

Ученият гради своите знания върху внимателни наблюдения, измервания, системен анализ и грижливо подгответи експерименти. Изхождайки от собствените си наблюдения и от тези на колегите си по целия свят, ученият строи модели и математически формули, които свързват тези наблюдения в последователна теория. Работата му представлява усилие да открие, идентифицира и формулира законите на природата. Тези закони описват строеха на материята и връзките между причини и следствия. Науката ни позволява да разберем какво става в природата и да предскажем какво ще се случи при дадени обстоятелства. След това валидността на тези предсказания се провеява в нови експерименти. И ако дадена теория влиза в противоречие със само един-единствен нов факт, тя ще бъде преосмислена или преработена. Следвайки системно и неотстъпно тази процедура, природните науки са постигнали впечатляващи знания за вътрешните механизми на природата.

Техниката е нещо напълно различно. В науката ние *откриваме* нещата, а в техниката *правим* неща. Техниката е съвкупност от методи, процедури и инструменти, *изобретени* от човека въз основа на онова, което науката е *открила* в природата.

Целта на науката е „да разбере, да обясни и да предскаже“. Целта на техниката е „да променя света“, да кара нещата и обстоятелствата да работят за целите на онези, които управляват техниката и които разполагат със средствата да постигат тези цели.

## **Икономическата мисъл като движеща сила**

В момента, в който някой посочи привлекателно приложение на дадено научно откритие, на сцената излиза икономическата мисъл. Това е третата брънка във веригата: наука, техника и икономика. Научното знание е необходимо условие за техниката, но то не е достатъчно. Движещата сила за техниката иде от икономическата мисъл.

Целта на икономическото мислене е да създава максимална практическа полза с минимални усилия и средства. Създаването на полезни и приятни неща, от една страна, и икономичната употреба на средства, от друга, са две принципно важни цели. В днешно време икономическата мисъл е широко разпространена в обществото. Тя е основно средство за промишлените и търговски компании, за административната власт и обществените организации. И тъкмо заради това компаниите, властите и организацията инвестираят изключително в развитието и експлоатацията на онези технологии, за които очакваните „изгоди“ са по-големи от изискваните „загуби“.

Загубите включват времето и парите, изразходени за развитието на продукта, за развитието на производствената техника, за инвестиции, за сировини, труд и рекламиране. Изгодите и разходите се съпоставят и за да ги направим сравними, ние трябва да ги изразим във финансови термини. Ако в дадечни срокове печалбите не превишават разходите, компаниите не се ангажират с такъв проект.

Компаниите са „общности със споделен интерес“, в които има петима участници: клиенти, личен състав, акционери, доставчици и общество. Всеки от тези участници допринася по специфично свой начин в деловия процес. Всеки участник се ангажира да действа така, защото разбира, че ще може да постигне своите собствени цели само ако се кооперира с останалите участници. По такъв начин компаниите изпълняват социално-икономическа роля в обществото. Компаниите създават предмети и услуги за своите клиенти, доходи за своя персонал и за своите доставчици, както и финансова компенсация за парите, които акционерите са рискували да вложат. Компаниите също така плащат данъци, които дават средства за финансирането на обществени услуги и блага.

За да осъществяват тези многострунни функции, компаниите трябва също да имат печалба. Обратно на онова, което някои хора си мислят, това не е „принаден излишък“. Правенето на печалба не е престъпление. То е задължение! Корпоративните данъци, както и дивидентите за акционерите могат да се изплатят само от това, което юридически се определя като „печалба преди данъците“. Освен това компаниите трябва също да задържат част от печалбата за себе си, за да осигурят своето бъдещо съществуване. Тази удържана печалба трябва да служи за финансовия растеж, за финансовата адаптация към техническия прогрес, а също като буфер при трудни времена. Без

печалба компанията не би могла да осъществява в бъдеще своята социална роля. Тя няма да е в състояние да възнаграждава своите акционери, нито да създава конкурентни продукти, нито да разкрива работни места. Доходността е социално задължение на една компания, нужна е за всички участници в тази „общност на интереси“, а поради това е полезна за цялото общество.

Следователно компаниите ще насочват своите средства към дейности, които дават повече, отколкото струват. Принципът на икономическия подход съществено определя кои приложения на науката да бъдат използвани в техниката и така да станат видими за обществото. Икономическият подход е движещата сила за въздействието на науката върху обществото.

### **Пазарна икономика**

В пазарната икономика както „икономическата стойност“ на новия продукт, така и разходите за него се определят от механизма на търсенето и предлагането. Тези два фактора определят какви количества ще бъдат продавани и купувани и на каква цена.

Предлагането и търсенето са резултат от взаимодействието на техническите възможности, от една страна, и на комбинираното действие на социологични и демографски фактори, от друга. Предлагането и търсенето зависят от това какво хората намират за привлекателно. А то на свой ред зависи от тяхното социално положение, от тяхното образование, възрастта им и моралните им ценности. То зависи също от предоставения им избор, от това, което хората виждат и чуват от рекламите. Структурата на пазара, привлекателността на продуктите за потенциалните купувачи и изгледите за печалба на производителите са факторите, определящи кои от приложенията на науката ще имат реално въздействие върху обществото.

### **Конкурентни мрежи и стандарти**

Друг важен фактор в пазарната икономика е конкуренцията. Конкуренцията непрестанно повишава стандартите за техническа реализация. Конкуренцията тласка компаниите към все по-добро изпълнение. Компанията с най-добро изпълнение автоматично се превръща в мерило за всички останали. Консуматорите сравняват и избират без никакво състрадание. Ако другите производители не успеят да се изравнят или да надминат най-добрая от конкурентите, тези компании няма да просъществуват. В резултат на това стандартите на „качество за пари“ ще се повишават стъпка по стъпка. Благодарение на конкуренцията обществото получава повече ценности от научните открития. А това, разбира се, е добре. Днес ние можем да купим джобен радиоприемник, който е стократно по-малък от този преди 50 години, който е с много по-добра акустика и с много повече функции, а при това цената му е само част от предишната.

Липсата на конкуренция спъва техническите проучвания. Достатъчно е да си спомним какво ставаше в Източна Европа преди 1989 г. Там имаше „планова икономика“, в която държавната власт решаваше какво да се развива, какво и колко да се произвежда, от кого, и на каква цена да се продава. Добре знаем резултата: хората чакаха на опашка за малки, но дефицитни и скъпи коли, наречени „Трабант“. И причина за това не беше руското невежество относно научните открития. Руската физика не се различаваше от западната физика! Тяхното слабо представяне се дължеше на липсата на конкуренция и това стана причина за срутването на тяхната система.

Координираните действия на науката, техниката и пазарната икономика не само създадоха по-добри продукти на по-ниски цени, но ни позволиха също така драстично да съкратим работното си време. В Белгия ние работим само 1500 часа на година. И съвсем не ни се налага да правим това в продължение на 40 години. Заедно с това средната възраст на хората превишава 70 години. Една проста сметка показва, че сега около 90% от нашия (удължен) живот може да се използва за образование, почивка, спортуване, общуване с други хора, културни занимания и т.н. До голяма степен това стана възможно благодарение на техническите и икономически изгодни приложения на физиката.

### **Обратната страна на медала**

Все пак не би било честно да заключим, че всичко, което произтича от „печелившите приложения на физиката“, ще бъде благодат за обществото. Пазарната икономика, подобно на всяко друго нещо, има своите ограничения и недостатъци. Това обаче не е причина да я отречем. По-скоро това е добра причина да прибавим още един фактор към нашата верига.

По мое мнение трите главни ограничения на пазарната икономика са:

1. Основаното върху науката и техниката създаване на хубави неща може да има нежелани странични ефекти, които не могат автоматично да се контролират от пазарните механизми;

2. Науката и техниката могат да се използват също за създаването на „печеливши безсмыслици“, „печеливша престъпност“ и даже „печеливши войни“;

3. Голяма част от хубавите неща в обществото, а даже някои от най-добрите, не могат да бъдат създадени от пазарните механизми (а повечето от тях дори не се нуждаят нито от наука, нито от техника!).

Всеки медал има своята обратна страна! Не можем да правим омлет, без да счупим яйцата. Не можем технологично да манипулираме природата, без да внасяме смущения в нея. Техниката предполага извлечение и употреба на сировини. Тя изразходва енергия и създава отпадъци. Докато отрицателните странични ефекти са минимални, можем лесно да ги приемем и да се прими-

рим с тях. Но на „космическия кораб Земя“, домът на човечеството, трябва да оцеляваме както с нещата, които са на борда, така и с тези, които идват до нас от космоса. Това е неизбежен факт, с който ние трябва да се справяме. Ако, прилагайки науката, ние изчерпваме незаменими ресурси или създаваме повече отпадъци, отколкото нашият космически кораб може да понесе, тогава обществото е поставено пред риск.

В нашите икономически прогнози трябва да се отчитат вредите от технологичните ни действия. Да си помислим само за вредите, понасяни от онези, които даже не ползват положителните им резултати. Подобни жертви могат да бъдат биосферата, по-слабите слоеве на обществото и бъдещите поколения. А докато тези негативни ефекти не могат да бъдат включени в разходите на онези, които причиняват вредите, те няма да фигурират в прогнозните изчисления.

### **Корективни мерки**

Негативните странични ефекти, от които пазарната икономика не е в състояние да се освободи, могат да се овладеят чрез „корективни мерки“. Последните прибавят допълнително звено във веригата, свързваща науката с обществото. Дали науката изобщо ще оказва въздействие върху обществото и какво ще бъде това въздействие, вече зависи от четири фактора: научно откритие, техника, икономически подход и корективни мерки.

По отношение на корективните мерки трябва да направим редица коментари:

1. Корективните мерки могат да бъдат самоналожени от една отделна компания или от група компании като израз на „гражданска отговорност“. Но в повечето случаи те се налагат от централната власт или по демократичен начин, както става в Западна Европа. Съществува обаче проблем с демократичното взимане на решения относно такива сложни неща като техническия или научния прогрес. Твърде малко вероятно е участниците граждани и техните представители да имат техническата възможност безпристрасно да преценят всички „за“ и „против“ и да отсъдят кои от предлаганите правила са разумни и кои не.

2. Всички корективни мерки имат своята цена. Правилата по дефиниция ограничават нашата свобода. Така че ако обществото желае да предотврати определени негативни ефекти, то ще трябва да се откаже от привлекателните аспекти на онова, което се забранява. Ние трябва да имаме смелостта да направим избора си.

3. Доколкото глобализацията прониква все повече, ние не можем да налагаме строги ограничения на едно място, а в други части на света да ни конкурират, без да ги е грижа за негативните ефекти. Следователно глобализацията на бизнеса налага съответна и адекватна глобализация на социални-

те и екологичните корективни мерки. В тази насока според мен има да се свърши още много работа.

4. Някои негативни ефекти ще останат въпреки всички *мерки*, тъй като те засягат такива недостатъци, които човечеството не познава при днешното състояние на научното знание. Най-фрапиращо в това отношение е, че в известен смисъл всичко зависи от всичко, че ние сме граждани на вселената и че космосът е прекалено сложен, за да може никога човекът да го разбере. Това означава, че ние не можем да предвидим всички последствия от своите действия. И това трябва да ни внушава определена доза скромност. Науката не е всезнаеща. Следователно, ако имаме някакви съмнения, по-добре да се въздържим от действия. И това също би могло да се нарече „правило на играта“. Нима така не е по-разумно?

5. Не всичко, което е технически осъществимо и икономически изгодно, е автоматично съвместимо с нашите етични стандарти. Етиката не произтича от техниката или от икономическия подход, или даже от демократичния начин на взимане на решения. Някои от възможните приложения на науката са направо престъпни. Други пък са допустима практика за някои хора, но за останалите не са. А това налага да се включи още едно звено във веригата. По-нататък ще се върна към това.

6. Единственият начин да се постигне такава ситуация, при която общество то ще може изцяло да се радва на положителните ефекти от техническия прогрес, без да му се налага да приема всички отрицателни странични ефекти, е да продължи научното изследване, така че да можем да развием нови, по-съвършени технологии, които изключват най-големите недостатъци.

### **Индивидуалната отговорност**

Научното познание, техниката, икономическият подход и корективните мерки са четири елемента, които, взети заедно, определят въздействието на науката върху обществото.

Но съществува още един фактор, който заслужава повече внимание и който според мен може да се окаже най-важният. Извън природните явления всички изменения в обществото са резултат от действията на човека. Хората са крайната движеща сила, стояща зад всички фактори, които имат въздействие върху обществото. Науката очевидно е основата на цялата техника. Ясно е, че икономическият подход съставя най-ефикасния начин да се създава благodenствие при минимални разходи. Демократичният начин за взимане на решения изглежда най-безопасният начин да се намалят нежеланите негативни ефекти и да се запазят нашите социални и екологични ценности.

Обаче онova, което „пазарът изисква и предлага“, както и онova, което „политическото мнозинство решава“, винаги е резултат от решенията на

множество индивиди. В този сложен процес всеки гражданин трябва да знае своята съ-отговорност. Като отделен гражданин вие не сте лишени от власт, поне ако обедините силите си с други.

Но даже ако позицията ви не се споделя от никой друг, тогава като индивид вие все още имате немалка възможност да правите онова, което действително желаете. Вие *не сте задължени* да купувате нещо само защото околните го купуват. Вие *не сте задължени* да извършвате определени действия само защото демократично приетите правила не ги забраняват. В края на крайцата вие можете в определени граници да решавате и да живеете по свои собствени принципи. Дотолкова доколкото не нарушавате малкото на брой фундаментални принципи на човешкото достойнство. В повечето случаи наистина не е оправдано да се скривате зад правилата, ако те са в противоречие с вашата собствена съвест.

И с това завършва веригата от фактори, свързващи науката и обществото. Научните открития, техническите приложения, икономическият подход, корективните мерки и индивидуалната отговорност са петте крайъгълни камъка на всеки прогрес в обществото.

Така стигам до втората под-тема.

## **II. МИСИЯТА НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА В СРЕДНИТЕ УЧИЛИЩА**

### **Наистина ли физиката ни е нужна?**

Позволете ми да задам заядливия въпрос: нужно ли е изобщо обучението по физика в средните училища? Нужна ли ви е физиката, за да станете добър фабричен работник? Или добър счетоводител, или успешен продавач, или добър автобусен шофьор? Трябва ли да знаем законите на Ом и Кирхоф, за да можем да натиснем копчето за включване на електрическото осветление? По-добре ли ще си служите с вашия GSM, ако познавате законите на електромагнетизма? По-добре ли ще гответе, ако знаете как работи микровълновата печка? Смятат ли хората, че са станали по-добри граждани или по-добри родители от това, че в средното училище са имали часове по физика? Моето предположение е, че твърде малко хора биха отговорили с определено „да“ на тези въпроси. Малцина вероятно биха отговорили: „не беше точно необходимо, но все пак беше полезно“. Докато мнозинството направо ще каже „не“ без никакви колебания.

В такъв случай не губим ли своето време за нещо, което за повечето хора в обществото е излишно?

Разбира се, ако вие се каните да станете електротехник и вашето образование свършва със средното училище, тогава вие ще искате да имате часо-

ве по физика, в които да получите знания за електричеството. Защото електротехникът трябва да решава практически задачи по електрични контури или машини. А тогава е полезно да знае какво прави. В този случай обучението по физика в средното училище е част от професионалната ви подготовка и вашият работодател със сигурност ще иска да види вашата диплома. Макар че той със сигурност допълнително ще ви обучи, за да ремонтирате произвежданите от него електроуреди. Възможно е даже да получите удобен наръчник, който съдържа подробни указания как да откривате повредите и как да се заменят повредените части, без да се ремонтират. Това може да ви наведе на мисълта, че даже в този случай средното училище би могло да замени обучението по физика с обучение по правилна употреба на наръчници!

Възможно е да преувеличавам. Да кажем, че по всеобщо мнение бъдещият електротехник действително се нуждае от обучение по физика в средното училище. Но няма ли да е достатъчно физиката да е застъпена само в технически насочените училищни програми и само в тях? Съществува ли сериозно основание да настояваме физиката да се преподава и в средните училища с други ориентации?

### **Образование**

Отговорът, разбира се, е ясен: училищата са длъжни да дават образование. Но образоването е нещо повече от създаване на умения, които са фокусирани върху непосредствената практическа полза.

Целта на образоването е „да подгответи младите хора да станат отговорни граждани“.

За да заслужи квалификацията „отговорен“, гражданинът трябва да е способен

1. да се справя в обкръжаващия го свят,
2. да развива своята личност,
3. да допринася за бъдещето и
4. да балансира конфликтните фактори.

Това са според мен 4-те елемента, върху които трябва да се фокусира образоването.

Нека се вгледаме във всеки от тях.

„Справянето в обкръжаващия ни свят“ означава:

- \* че ние знаем какво ни предлагат физическият свят и обществото,
- \* че знаем какво е постижимо и какво не е,
- \* че познаваме правилата на играта в културната сфера, в която сме израсли,
- \* че „желаем и можем“ да се съобразяваме с тези правила – поне доколкото се изисква, за да се избягват сериозни конфликти,

\* че сме придобили определени умения и становища, които са ни нужни, за да функционираме повече или по-малко „нормално“ в семейството си, в кръга от приятели, спрямо съседите, в служебната среда, в собствената си страна, в Европейския съюз и на борда на „космическия кораб Земя“.

То означава също:

- \* че желаем и можем да се адаптираме към промените,
- \* че можем да общуваме и да си сътрудничим с околните хора,
- \* че можем да се наслаждаваме на красотите на природата и заедно с това да възприемаме с разбиране нейните несгоди,
- \* че можем да уважаваме и ценим техническите и организационните постижения на човечеството в историческото му развитие, като заедно с това не забравяме, че медалът има и обратна страна.

„Развиване на своята личност“ означава:

- \* че се научаваме да разпознаваме индивидуалните си възможности и ограничения,
- \* че се научаваме да се радваме на силните си страни и да живеем със слабостите си,
- \* че разглеждаме грешките и провалите си като предизвикателство да се научим да действаме по-добре,
- \* че сме готови да инвестираме в „научавам се да правя“, „научавам се да се уча“ и „научавам се да мисля“,
- \* че се научаваме да отстояваме позициите си,
- \* че се научаваме да уважаваме другите хора и техните разбирания,
- \* че се научаваме да сме инициативни и да приемаме, че инициативите неминуемо означават рискове,
- \* че се научаваме да изпитваме задоволство, когато помагаме на други хора,
- \* че можем да намерим мястото си в обществото и да виждаме ролята си във всяка от по-големите системи, към които принадлежим – независимо дали това ни се нрави или не
- \* и накрая че можем да намерим смисъла на своя живот и на онова, което правим.

„Да допринасяме за бъдещето“ е задача за всеки гражданин независимо от неговото обществено положение. Някои от днешните наши ученици ще станат наши бъдещи политически водачи, професори, управляващи в бизнеса или профсъюзни водачи. Други ще заемат отговорни длъжности в администрацията или в обществени или културни организации. Или ще станат журналисти, създатели на обществено мнение или на модна вълна, водещи в групи за граждански натиск и т.н. Тези хора ще се изправят пред значителни нови проблеми и възможности, относно които те ще трябва да взимат реше-

ния, които ще окажат влияние върху живота на нашите деца и внучи. Според мен тяхната най-важна отговорност ще бъде създаването на „устойчива икономика и устойчиво общество“. Те също така ще трябва да създадат правилата за „корективни мерки“ по отношение на:

- \* използването на енергията и сировините,
- \* справянето с отпадъците,
- \* грижата за безопасността и сигурността на техниката и обществото.

Изправени пред предизвикателствата на нови факти, нови възгледи или нови открития, те ще трябва също да прецизират, преутвърдят или ревизират някои от нашите традиционни ценности и приоритети.

Но не само хората на водещи позиции ще допринасят за нашето бъдеще. Всеки един гражданин в някаква степен ще влияе върху промените в обществото: или като родител и възпитател, или като потребител, като работник, като член на обществена или културна организация, като частен инвеститор или в крайна сметка като гласоподавател.

Четвъртото изискване за „гражданска отговорност“ е „балансирането на конфликтните фактори“. Образованието трябва да помага на младите хора да се научат да балансират:

- \* „кратковременните интереси“ и „дългосрочните интереси“,
- \* „новаторството“ и „консерватизма“,
- \* „личните интереси“ и „общите интереси“,
- \* „интересите на общността, с която отъждествяваме себе си“ и тези на „обособените общности“,
- \* борбата си за подобряване на нещата, които смятаме, че можем да подобрим“ с „приемането на нещата, които не сме в състояние да изменим“.

Ние ще трябва също да помогнем на своите ученици да се научат да балансират:

- \* „толерантността“ и „различието“ или „конфронтацията“,
- \* „хармоничното“ и „конфликтното“ съществуване в обществото,
- \* „възприемането на различията като обогатяване“ и „стремежа към единство“
- \* и да балансира „интересите на человека“ със „запазването на нашата биосфера“.

Подготвянето на децата и юношите за зрелия живот представлява огромна отговорност, която трябва да се споделя между родителите, училища и обществените организации. В този процес средните училища са особено важни, тъй като те се занимават с младежи в най-критичната фаза на тяхното развитие.

## **Физическото образование**

Физическото образование не е изолиран въпрос. По мое мнение образованието по физика в средните училища трябва да бъде интегрирано в „цялостната образователна програма“ на училището. Доколкото различните училища предлагат учебни програми с различни ориентации, не е чудно, че съществуват различни „цялостни образователни програми“. И според мен това разнообразие е предимство. Но каквото и да са различията в акцентите, всяка общеобразователна програма трябва да бъде ориентирана към „основната мисия на образоването“ – такава, каквато се опитахме да я опишем, а именно „да помогне на младите хора да станат отговорни граждани“. Съответно всеки конкретен предмет, бил той физика или история, трябва да допринася за постигането на тази цел. Убеден съм, че при обучението по физика, така както при обучението по кой да е друг предмет, има множество поводи за обсъждане на някои от темите, които тук изредихме като съставки на 4-те фактора:

- \* спроявянето в обкръжаващия ни свят,
- \* развиващето на своята личност,
- \* допринасянето за бъдещето и
- \* балансирането на конфликтните фактори.

Като засяга една или друга тема тук и там, обучението по физика може:

- да създава условия, при които учениците се приучават да общуват помежду си и да си сътрудничат,
- да им създаде чувство на уважение и възхита спрямо научните постижения на човечеството,
- да помогне на учениците да осъзнайт собствените си възможности и ограничения,
- да ги предизвиква да отстояват мнението си и да уважават мненията на другите ученици,
- да ги предизвиква да са инициативни и да не униват при провалите,
- да изисква те да поемат отговорност за своето собствено бъдеще, когато ще завършат училище,
- да ги приучи да балансират интереса на човека с опазването на нашата биосфера.

По-нататък, поради спецификата на своите проблеми, обучението по физика може по уникален начин да допринесе за *общото образование*. Например:

- като предизвиква удивление, изумление и възхита пред невероятната красота на материята и силите, които царуват в нея,
- като пояснява практическия смисъл на редица физически понятия, с които се сблъскваме в нашето ежедневие,

- като запознава хората с „научния подход“, включително строгото наблюдение и експериментиране, измерването, боравенето с помощни предположения, проверка на предположенията и коригирането им в съответствие с новите факти, оценка на границите на екстраполацията. Този методичен стил на мислене и действие е валиден не само за физиката, но и за редица по-малки или по-големи частни или професионални проекти, в които рано или късно ще бъде ангажиран всеки гражданин!

Физическото образование дава също така добра възможност да се посочи как историята на науката дава много примери за физически теории, които в миналото са били смятани за надеждни, но при по- внимателно вглеждане, при нови обстоятелства или с по-добър инструментариум е установено, че са неадекватни. И още обучението по физика дава уникален повод да се осъзнае нуждата от известна скромност, доколкото науката е в състояние да обхване само малка част от физическата реалност и ние не можем да предвидим крайните резултати от всички технически нововъведения.

В заключение мисията на обучението по физика в средните училища е не само да дава практически умения и знания относно строежа и поведението на материята, но също и вероятно на първо място „да допринася за култивирането на мъдрост и отговорност“.

Със сигурност това е вълнуваща перспектива за учителите. А също и за учениците.

**Превод: Михаил Бушев**

(Etienne DeWolf. The Impact of Physics on Society and the Mission of Physics Education in Secondary Schools. *Europhysics News*, vol. 34, N 3, p. 98)

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

**Годишен абонамент – осем (8) лева.**

За ученици, аспирантси и пенсионери – четири (4) лева.

## ЛУИ ДЬО БРОЙЛ: ПРИНЦ В НАУКАТА И АРИСТОКРАТ НА ДУХА

Н. Ахабабян

*Всеки велик човек е уникален. Всеки е със своето място в историческата процесия на мъдреците. Това място не е съществувало даже във въображението, докато той не идва да го запълни, и никой не може да го наследи от него, когато той си отиде от този свят.*

*Джеймс Кларк Максуел*



Изучавайки биографиите на видни учени от нашето съвремие, често се изненадваме от богатото разнообразие на творчески съдби, от широкия спектър на личностни характеристики или от различните им (не рядко противоречиви) прояви. Не по-малко широк е и спектърът на тяхното възприемане от научната общественост: от митологизиране до пренебрежение или премълчаване. А в исторически план при изграждане на образа във времето разнообразните компоненти се смесват, различията се замъгляват и избледняват, за да се унифицират и в края на краищата – наложат в рамките на биографичната парадигма на времето, превършайки се във вкаменели паметници.

С представата за днешните учени, родени като Афродита от пяната на Просвещението, ние често забравяме или пренебрегваме нейния генезис. Всъщност, корените на съвременната научна интелигенция лежат далеч и дълбоко в основата на нашата цивилизация. Но мислителите на древността, на античната гръцка култура или на източната философия остават като исторически паметници, откъснати от средновековното духовно възраждане, когато започва разпределението на труда: основната маса, заета с физически труд и тънка прослойка, отдадена на умствени дейности. От своя страна, умствените „работници“ постепенно се разделят, на две обособени течения – религиозно (църковно) и хуманистично (философи, музиканти, художници). А по време на Просвещението (XVI век), с натрупването на Познание и усетили Разума като Мош, диференциацията в отделните области на човешкото познание превръща „енциклопедистите“ в учени от класическия тип – Нютон, Фарадаей, Лавуазие или Пастьор, а задълбочаването на специализацията води до появата на експертите в отделните области на тези науки – днешни-

те учени, които знаят все повече за по-малко... Обаче, колкото и широко да се е разклонило дървото на умствената дейност, генетичният корен е общ и неизстребим. Разбира се, в този процес на диференциация голяма роля играят социалните условия на тяхното развитие. Ако в началото основният състав на умствените работници е от обезпечени, независещи от физическия труд съсловия – аристократи, висши духовници или от покровителствани от тях хора, то постепенното изграждане и усилване на държавата, която се заема с подържането и обезпечаването на възможности за такава дейност, води до „демократизиране“ на условията за участие в нея. Това изменя както състава, така и условията и атмосферата в творческите институции. Но винаги основанията и мотивацията за такъв начин на живот си остава един и същ: духовния приоритет и интелектуалното удовлетворение от своята дейност. А приносите се правят от призваните...

Едва ли има друг съвременен учен с такъв знатен произход и така титулован като принц Луи дьо Бройл. Родословието му може да се проследи назад във времето чак до XII век: описание му е равносилно да се резюмира част от историята на Франция. В многоствалното и широко разклонено родословно дърво на фамилията могат да се открият множество министри, маршали, дипломати, академици, писатели, като Просмер Мериме, например, или учени, като Огюстен Френел ...Най-високата титла „Принц на Свещената Империя“ [1] получава пра-пра... дядото Виктор Франсуа де Бройл през 1759 г., която се наследява (през 1960 г., след смъртта на по-големия му брат Морис) от родения на 15 август 1892 г. Луи Виктор Пиер Раймод де Бройл (до тогава той е само „дук“). Той е петото дете на дук Луи Амадей де Бройл и Паулина д'Артей (тя пък дъщеря на маршал де Сегюр). Възрастовата разлика с най-голямата му сестра маркиза Албертина де Люп е 20 години, а с по-големия му брат Морис – 17. Луи е „детето“ на фамилията и расте под грижите на английски гувернантки, домашни възпитатели и частни учители (абат Дююи, абат Шате) в лятната резиденция в родния Диеп, имението в Сент-Амадур или в апартаментите в Париж. Дузина слуги и лакеи се грижат да бъде измит, сресан и обслужен, храни се със сребърни прибори. Затвореното му детство го тласка към уединение, самостоятелно мислене и усърдни интелектуални занимания – четене на книги по история и литература – няколковековната библиотека с хиляди томове е на негово разположение. Когато през 1906 г. на 50 годишна възраст почива баща му, заемал дотогава високи държавни постове (посланик, министър, председател на Парламента), попечителството и грижите за него попадат в ръцете на брат му Морис. По това време Морис е предопределен от фамилията за военна кариера в адмиралтейството и вече е завършил Висшето морско училище, но се увлича по науката и пръв изменя на семейните традиции, дипломирайки се е като „лисанси“ по физика в университета в Марсилия, защищавайки докторска дисертация. Още през 1904 г. той обзавежда добре оборудвана собствена час-

тна лаборатория в апартаментите си на ул. Шатобриан и изучава свойствата на ренгеновите лъчи. Скоро Морис е приет за член на Лабораторията по физика на Колеж дьо Франс, а лабораторията му се институционализира и изследванията се разширяват. През 1924 г. той е избран за член на Академията на науките, а след две години и за член на Френската Академия.

През 1906 г. Луи постъпва в престижния лицей Янсон. Успеваемостта му е добър по френски, история, физика и философия, среден – по латински, математика и химия, и посредствен (*mediocre*) – по чужди езици. В период на младежко търсене и лутане, той завършва Парижкия университет през 1910 г. с две бакалавърски степени – по история и право (с теза по разшифроване и тълкуване на текстове от средните векове). Ако тук подчертаваме хуманистарното му образование, то е защото то ще остави дълбок отпечатък в цялото му творчество и жизнено поведение.

Първото десетилетие на XX век е изгревът и триумфът на теоретичната физика. Планк, с теорията на квантите, и Айнщайн, със специалната теория на относителността, са омаяли и завладели умовете на учените, а Анри Пуанкаре и Пол Ланжвен във Франция имат съизмерими приноси в тези области и са горещи привърженици и първи пропагандатори на новите идеи. Книгите на Пуанкаре „Ценността на науката“ и „Наука и хипотеза“ са изходният пункт и основата, на които стъпва и от която се оттласква младия Луи за своя живот. Вместо военна или дипломатическа кариера, характерна за неговото съсловие и за неговите възможности, той застава на пистата на духовното и интелектуално поприще. След близо половин век, в беседа пред новото поколение ученици на лицея, който той е завършил, на въпроса „Защо избрахте физиката, при тези разнострани интереси и широки възможности, открити пред Вас?“ Луи де Брой ще отговори: „*Защото разумът ми беше заслепен от красотата на чистата наука, тази която търси истината, без да се грижи за приложенията ѝ. Красотата, поэзията на науката ме бяха покорили!*“ – е отговорът на този аристократ на духа. Това, което искаме да подчертаем е, че той тръгва от изучаването първо на принципите в науката преди да изучава детайлите в нея. Такъв ще остане и до края на живота си: привлечен и верен на принципите, глобалните и общи идеи, отколкото затънал в локални проблеми или метафизични обосновавания.



През 1911 г. в Брюксел се провежда първата, станала впоследствие знаменита и с епохално значение Солвеевска конференция (наречена на името на белгийския индустриски който я спонсорира). Конференцията е посветена на проблемите при квантуването на енергията и прекъснатостта на лъчението, на съществуването на фотона и разпространението на електромагнитното лъчение, както и на противоречията между вълновата и корпуксуллярна теория на светлината. Брат му Морис, който е един от секретарите на конгреса и е натоварен с издаването на докладите на конференцията, дава на Луи да чете ръкописите. Това е повратен момент в живота на лутащия се млад човек, когато той се посвещава на теоретичната физика. „... Тогава разбрах, че юмол теоретиците използват един и същ математически формализъм за описание на светлината и частиците на веществото, трябва реалността и в двата случая да се припокрива“ – ще обясни покъсно Луи де Бройл. През същата (1911 г.) той разваля уговорения годеж (за да остане за цял живот ерген) и постъпва във физическия факултет на Сорбоната. Математика му преподава проф. Гурса, механика – проф. Пол Апел, а термодинамика, изучава по книгата на Макс Планк. Слуша лекциите на проф. Габриел Липман, Нобелов лауреат по физика за 1908 г. (за откриване на цветната фотография), който отхвърля теорията на относителността, като експериментално демонстрира несъстоятелността на „забавянето във времето“: за кача часовника си на махало, силно го залюлява и след това го сверява с часовник, оставен неподвижно на масата. Разбира се, двата часовника показват едно и също време... Без никакви забележителни прояви и изживявания и без да е изпитал влиянието на някакъв изявен преподавател, след две години дълъг Бройл получава степента „лисанси по науки“ с теза, свързана с трептеливи процеси и променливи токове.

През 1914 г. Луи де Бройл е мобилизиран като военен радиотелеграфист на радиопредавателната станция, разположена на върха на Айфеловата кула, поставена на служба на генералния щаб по време на Първата световна война. Сам той се занимава с прилагането на многоелектродните радиолампи и усъвършенстване на безжичната телография. Демобилизиран почти година след поражението на Франция, през 1919 г. Луи де Бройл се връща в лабораторията на брат си, където по това време към него са се присъединили и младите – М. Довелие, Ж. Тибо, Л. Лепринс-Ринге, Л. Картан, които след време ще станат едни от водещите физици на страната и ще разширят областта на изследванията си върху корпуксуллярните прояви на рентгеновите лъчи – фотоелектричният ефект, разпространението и дифракцията на електромагнитните вълни. Той участва активно в някои от тези експериментални изследвания и тяхната интерпретация, в резултат на които са близо 20 публикации в Comptes Randue, Philosophical Magazine, Journal de Physique – самостоятелни, или в съавторство с брат си, с Довелие или Трюо. Тези пуб-

ликации са свързани с спектралното разпределение на ренгеновите лъчи, интерпретацията им въз основа на теорията на Бор и Зомерфелд, разпространението и абсорцията на тези лъчи, с рентгеноструктурни изследвания на газове, и др. [2]

Както се полага на млад учен, изучавайки теоретичната физика, Луи де Бройл е заинтригуван от аналогията между класическата механика, нейната Хамилтонова формулировка и геометричната оптика. Той се задълбочава в класическите работи на Планк и Айнщайн, където за пръв път се въвежда понятието „квант“ и „фотон“ за светлинното лъчение и достига до идеята, че би могло – по симетричен начин, да се въведат вълнови характеристики и на познатите като „частици“ елементарни съставки на веществото. През лятото на 1923 г. идеите са кристализирани и оформени в три кратки публикации в C.R. от 1923 г. (т. 177, с. 517; с. 548; с. 630). Оформени като дисертация с заглавие „Изследвания по теорията на квантите“ Луи дъо Бройл я представя за защита в Сорбоната. [3]. Най-общо, (ако искаме само да подчертаем идеята дъо Бройл), щом като енергията на светлинния „квант“ се определя като

$$E = h v = hc/\lambda,$$

където  $h$  е константта на Планк,  $c$  – скоростта на светлината,  $v$  и  $\lambda$  – съответно честотата или дължината на вълната. Тогава, по аналогия, на „частица“ с енергия

$$W = pc,$$

където  $p = mv$ ;  $m$  е масата на частицата,  $v$  нейната скорост, трябва да съответства (още тук дъо Бройл употребява термина „асоциира“) „вълна“ с дължина

$$\lambda = h/p = h/mv.$$

При  $W = E$ ,  $p = E/c = h v / c = h/\lambda$ .

Това е останалата в науката историческа „формула на дъо Бройл“! Нека все пак посочим, че тази формула я няма в трите изходни публикации на дъо Бройл, а се появява в „знатенитата дисертация“, която се цитира непрекъснато.

Заключението в дисертацията е: „*Следователно, от един Природен закон може да се заключи, че на всеки къс енергия с маса  $m_0$  е свързан един периодичен феномен с честота  $v_0$ , така че  $h v_0 = m_0 c^2$ , като  $v_0$  е честотата, свързана с координатната система на къса енергия.. Тази хипотеза е основата на нашата система, и трябва, като за всяка хипотеза, смело да се направят изводите, които следват от нея“.*

Луи дъо Бройл представя ръкописа на дисертацията на Пол Ланжвен за мнение. Един ден, с този ръкопис под мишница, Ланжвен среща колегата си – философа Леон Бруншвиг и му се оплаква: „Изнервен съм от тезата на

„малкото братче“. Струва ми се доста чудновато... „. Но изпраща ръкописа на Айнщайн за отзив. „Той повдига ъгъла на една тежка завеса“ е мнението на Айнщайн, като същевременно препраща дисертацията на Макс Борн в Гьотинген с бележката: „Прочетете я. Въпреки, че изглежда налудничава, тя е стабилна“[4]. Защитата на дисертацията се провежда на 25 ноември 1924 г. в Сорбоната пред тричленна Комисия – Жан Перен (председател) и членове Ели Картан и Шарл Моген (присъства и специално поканения Пол Ланжвен). След успешната защита и присъждане на степента „доктор“, когато Морис пита Перен за мнението му, той го утешава: „Всичко, което мога да Ви кажа е, че братчето Ви е доста интелигентно“.

По такъв начин, великият дуализъм на светлинните (електромагнитни) процеси – „вълна-частица“ от XVII век е пренесен в XX-тия, приписвайки вълнови характеристики и на нищо неподозиращите „частици“. И докато при светлинните процеси това се налага от безспорните експериментални изследвания, при частиците този извод е чисто умозрителен, следствие на теоретични спекулации. Обикновено се казва, че научната идея витае във въздуха или кълни в почвата, че действителността „я изисква“. В случая няма нищо подобно. Ако трябва да се говори за „безумна идея“, какъвто термин Бор въвежда много по-късно по съвсем друг повод, то това действително е идеята на дъо Бройл за „вълновата природа на частиците“. Нека пак подчертаем, че по това време за такава необходимост няма никакви експериментални указания, нито наложителна теоретична необходимост. Само необремененото съзнание на младия учен, без страх от авторитети, и разбира се – с гениална интуиция!, може – от формалната аналогия между геометричната оптика и хамильтоновата формулировка на класична механика – да изкаже такова физическо предположение... , което оказало се вярно, да го изстреля като ракета в небосклона на световната наука. Въпреки че всяко научно откритие е резултат на продължителна съзнателна и подсъзнателна работа на разума, а не случайно „погалване на ангелско крило“, по-късно дъо Бройл си спомня за този период като „Умът ми беше озарен от ярка светлина. Пелена падна от очите ми...“. Ярка илюстрация, че младостта е най-мощният стимул за творческо дръзвновение; „бурия на беспокойствието“, когато възникналите въпроси надхвърлят обхватата на готовите отговори, а съществуващата парадигма (ако има наложена такава) е безсилна...

Наистина още през 1921 г. немският физик Радзауер предлага експерименти за установяване на вълновата природа на електроните, а през 1925 г., В. Елзасер в Гьотинген се опитва да използва кристали за наблюдение на дифракция на електрони, но не успява да осъществи опита. През 1927 г. в серия от опити К. Дейвисън с Кунсман наблюдават минимуми и максимуми при такива експерименти, но едва по-късно в Чикаго, Дейвисън, заедно с Л. Джермър, наблюдават ясна дифракционна картина на бавни електрони от

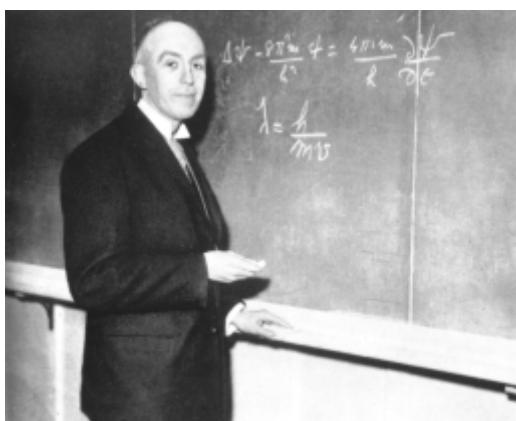
никелова кристална решетка. Едновременно и независимо от тях в Лондон Дж. П. Томсън експериментално потвърждава вълновата природа на частиците, пропускайки бавен сноп електрони през разредени газове. Въщност, картина е аналогична на наблюдаваната преди десетина години от Макс фон Лауе – дифракция на ренгенови лъчи от кристални решетки. Нека споменем и епизода по време на защитата на докторската дисертация на дъо Бройл: на въпроса на Перен „Как все пак могат експериментално да се потвърдят тези вълни?“, дъо Брой отговаря: „Чрез дифракция на електрони...“ И когато, през 1925 г. дъо Брой предлагаше на Довелие – колега и съавтор на близо десетина публикации от периода на съвместната им работа в лаборатория на брат му Морис – да проведе експеримент за дифракцията на електрони, последния отказва, защото е застенчава с други изследвания, разминавайки се с Нобеловата награда...

По това време (1925 г.) Вернер Хайзенберг вече е предложил своята матрична квантова механика, а през следващата 1926 г. Едвин Шрьодингер публикува петте статии за вълновата механика с знаменитото вълново уравнение. В първата публикация на Шрьодингер единственият цитат е дисертацията на дъо Бройл, придружен с думите „Преди всичко, не може да не споменем, че основен изходен тласък за получените тук резултати е дисертацията на дъо Бройл, съдържаща много дълбоки идеи“. А Дирак ще предложи релативистичния вариант на квантовата механика малко по-късно – през 1928 г. Затова присъдената през ноември 1928 г. Нобелова награда по физика (за 1929 г.) на 35-годишния малко познат французин (догава все още само дук) Луи дъо Бройл за „откриване на вълновата природа на електрона“ се приема със смесени чувства. Защото тази награда ще бъде присъдена на „танцуващи с вълните“ Хайзенберг едва през 1932 г. и поделена между Шрьодингер и Дирак през следващата 1933 г. А за експерименталното наблюдение на дифракцията на електрони от кристални решетки същата награда ще бъде присъдена и на Дейвисън и Томсън през 1937 г. [5].

Обаче, „вълната на дъо Бройл“ явно не е идентична с „вълната на Шрьодингер“. Търсейки изход от това затруднение през 1927 г. Луи дъо Бройл, публикува в „Journal de Physique“ „теорията за двойното решение“ – наред с основното си решение, уравнението на Шрьодингер трябва да има и решение, представящо вълната на Дъо Бройл. Малко по-късно то е модифицирано в „теорията на вълната пилот“: „...в лоното на непрекъсната вълна, и в съответствие на законите за движение на елементарен обем фиктивна течност – се движи частицата“. Наред с основната функцията  $\psi(r,t)$ , която ръководи разпространението на вълната, по известна аналогия с хидродинамично представяне на Е. Маделунг частицата се разглежда като пертурбация на пространство-времето (локализация на полето), на която се приписва единична вълна  $u(r,t)$ , която „ръководи“ частицата. За разлика от статистическата

интерпретация на Борн, това осигурява строга причинна интерпретация на вълновата механика. Математически проблемът се свежда до намирането на линейно уравнение, на което  $\psi$  и  $u$  да са едновременно две независими решения.

Наистина интерпретацията на „новородената“ вълнова функция у на Шрьодингер създава големи проблеми. Всъщност проблемите са за онези, които се съпротивляват на младите „хунвейбини“ – Хайзенберг, Паули, Дирак обединени около Нилс Бор и Макс Борн. Принципът на неопределеност, принципът на допълнителност и статистическата интерпретация позволяват да се преодолеят мочурливите блата на квантовата механика и активно работещите физици, които с успех решават конкретните възникващи проблеми, препускат напред. На поредицата Солвеевски конференция тази проблематика естествено излиза на преден план. Въпреки разгорещените дискусии и изобретателни аргументи на авторитетни учени, войнстващата „Копенхагска школа“, прегърнала и развиваща вероятностната интерпретация на вълновата функция, успява да я наложи на физичната общественост. Решителната битка е дадена на V Солвеевска конференция, проведена през октомври 1927 г. в Брюксел под председателството на Лоренц. На принц Луи дьо Бройл е отреден почетния трети доклад на конференцията – след тези на сър Уйлям Браг и Артър Комптон. Дъо Бройл докладва теорията си за двойното решение, но младите войнстващи и винаги в атака Паули, Хайзенберг и др. веднага напипват математическата несъстоятелност на теорията – линейността на уравнението на Шрьодингер и невъзможността нейното решение да се представи като суперпозиция на други две вълни; а пък и вълната на вероятност не може да носи нищо реално, освен информация за състоянието... Триумфът на Knabenphysik е пълен – новата физика е наложена и пътят за развитие е очистен. Като резолюция звуци заключението на конференцията: „...Ние схващаме квантовата механика като една пълна теория, чито фундаментални математически и физически хипотези не се нуждаят от модификация“. А самите родители са изоставени да оплакват руините на Йерусалим. Планк трудно запазва драматично мълчание, Шрьодингер си остава само при вълните, Лоренц е за запазване на детерминираността, Айнщайн отхвърля статистическата интерпретация. След края на конгреса, Айнщайн изпраща на гарата дъо Бройл и го окуряжава „Продължавайте, вие сте на прав път! (...) Една физична теория трябва да може, освен с



всички пресмятания, да бъде илюстрирана и с прости картини, които и едно дете да може да разбере“. Дьо Бройл се утешава с древни мъдрости: „Изворът често критикува течението на реката“ ... „Тези проблеми на квантовата механика станаха много сложни. Вече съм много стар за да изучавам такива трудни проблеми“ се оплаква Айнщайн, по това време на 48 годишна възраст [6]. На тези позиции те ще останат до края на живота си и заедно с други, единични Дон Кихотовци, ще се съпротивляват на наложилата се парадигма на съвременната квантова физика. Цялата тази съдържателна и драматична история е разказвана и анализирана многократно в специализираната и научно популярна литература [7].

През 1928 г. на Луи дьо Бройл е предоставена катедрата по Теоретична физика във Факултета по науки на „Института Анри Пуанкар“<sup>6</sup>, създаден по това време със субсидии, отпуснати от фондация Рокфелер (САЩ) и фондация Ротшилд (Франция). Следват и заслужени награди и признания: медал „Анри Пуанкар“, член на Академията на Науките (1933 г.) и неин постоянен секретар от 1942 г. А през октомври 1945 г. по предложение на Борел на мястото на починалия математик Емил Пикар Луи дьо Бройл е избран за „член на институцията на безсмъртните“ – Френската Академия, (представен от брат си Морис дьо Бройл, член на Институцията от 1937 г.) Ако трябва да отбележим всички награди и почести, с които той е удостоен (и с които не се декорира), ще трябва да изброим около 70 Кръста и медали, над 50 Дипломи, Кръста на Почетния Легион, наградата на принца на Монако, почетно членство в множество чуждестранни академии и др.

Но ако Айнщайн не се предава и през 1936 г. заедно с младите Розен и Подолски, поставя в доста затруднено положение адептите на Копенхагската школа, дьо Бройл е обезкуражен и скоро слага оръжие: „...достигнах до извода, че теорията на вълната– пилот е несъстоятелна, а не можех да се върна и към теорията на двойното решение поради математически трудности...“. През пролетта на 1928 г. на лекция в Хамбург, дьо Бройл обявява своето присъединяване към господстващите нови идеи в квантовата физика. И така пропагандира тези идеи в книгите си (макар, че тук-там се появяват недомълъвки или нотки на съмнение...) „Вещество и Светлина“, „Прекъснатост и Непрекъснатост“, „Физика и микрофизика“, „Новата физика и квантите“, че по-късно забранява тяхното издаване... [8]. Тази му позиция обаче се дължи не само от трудностите, с които той не може да се преори, набутвайки се в задънена улица. Пред неговите очи теоретичната квантова физика препуска неудържимо и блъскаво напред, решавайки всички конкретно възникващи задачи, или успешно заобикаляйки (или пренебрегвайки) онтоложичните проблеми. Принц Луи дьо Бройл се оказва сред изоставащите, изоставените...

Среден на ръст и слаб, облечен по старата мода – с колосана яка, джобен

часовник, твърда шапка на главата и чадър в ръката. Стеснителен до срамежливост, лесно раздразнителен, вглъбен и затворен в себе си, избягващ компании, непоявяващ си на публични места, необичащ да пътува. Говори малко и тихо, но бързо – търчи след мисълта си, винаги на френски, въпреки, че владее немски, английски и италиански, избягва участие в публични дискусии. Горд е с произхода си, но не носи титлите си, а на визитната му картичка са отбелязани само университетските му и академични звания (предостатъчни...). Но ако трябва да изречем горчивата истина, трябва да признаем, че той не е обичан, или да го кажем по-меко – не е приет от широкия кръг на своите колеги. Принудени са да признаят неговите заслуги, без обаче са го приобщават към своя свят. Аристократичният му произход е поставен като социална бариера между него и „простосмъртните“: „златната лъжичка в устата“, с която се е родил, и „звездния миг“ на неговото гениално прозрение, извел го всред „мандарините“, не са неща, които могат лесно да се прегълтнат и смесят... [9].

Обаче, постепенно, на семинара му в Института Анри Поанкаре, около дъво Бройл се събират първите му ученици – Клод Маган, Жан-Луи Детуш, Мари-Антоанет Тонела, Оливер Коста де Боерегард и др. Спектърът на разглежданите теми е много широк: мезони, електронна оптика, сантиметрови вълни, ускорители, теория на информациите, квантова химия, ядрена физика, молекуларна биология, обща теория на относителността, нелинейна физика и пр. А сам той се захваща с нов фундаментален проект и през 1932 г. предлага нов вариант на вълновата механика на фотона, която се основава на хипотезата, че „елементарни“ са само частиците със спин  $1/2$ , при което фотонът е съставна частица, образувана от две „диракови“ частици, и има маса...

В навечерието на Втората световна война, през 1939 г. Институтът Анри Поанкаре е преобразуван в Институт за приложни научни изследвания и се насочва към проблеми, свързани с радари, клистрони и пр. С наблизаване на фронта към Париж, Институтът се евакуира във вътрешността на страната, но дъво Бройл остава в имението си в Ней, където живее сам вече от десетина години. Познанството му с маршал Петен, и разбира се, вечното подозрение към аристокрацията за сътрудничество с оккупаторите, е в основата на мълвата, че той е номиниран за член на Националното събрание по това време. Наистина, това е вярно, но поканата остава без отговор от страна на де Бройл. Но мълвата си остава... През целия си живот принц Луи де Бройл не се доближава до властимащите – нито десни, нито леви; без никаква публична политическа ангажираност, не подписва нито една петиция или открыто писмо. През десетилетието 1941-1951 той е автор на 13 книги и 33 научни статии.

Луи дъво Бройл възстановява опитите си да възкреси детерминистична

интерпретация на квантовата механика в началото на 50–те години, подтикнат от усилията на младия американски физик Давид Бом, работещ в Принстън. Когато последния показва публикацията си в *Phys. Rev.* (1951 г.) на Айнщайн, той пък му посочва работите на дъо Бройл отпреди 25 години. Защото работата на Бом е модификация на теорията на двойното решение на дъо Бройл, разширена с анализ на процеса на измерване при квантовите процеси. И когато дъо Бройл се запознава с тази публикация, той, вече надхвърлил 60 годишна възраст и изолиран близо 30 години, с риск на репутацията си, наново се изправя срещу течението. За това неочеквано (някой го характеризират като сензационно) завръщане към идеите си от първа младост в коридорите на Института се говори шепнешком. В експозето си „Ще остане ли квантовата механика недетерминирана“, изнесено в Центъра за синтез в Бер (1952 г.), където той излага новите си идеи, дъо Бройл цитира Волтер „Глупак е онзи, който не се изменя“ и продължава: „Историята на науките показва, че прогресът в нея често е спъван от тираничното влияние на някои концепции, които са се превърнали в догма. Поради това, наложително е периодично те да бъдат подлагани на задълбочена дискусия и изпитание. Чистата вероятностна интерпретация на вълновата механика вече повече от четвърт век служи на физиците, защото ги предпазва от нагазоването им в по-горещите и трудни проблеми, каквито поставя например концепцията за двойното решение и им позволява да напредват при решаването на многобройните и впечатляващи приложни проблеми. Но днес обяснителните възможности на вълновата механика, такава каквато е приемата изглеждат до голяма степен изчерпани. И можем да се попитаме, не е ли време отново да се ориентираме към една по-голяма яснота на пространствено-времевите представи, в която да се ориентираме „,

Заедно с ученика си Жан-Пиер Вижие, те се опитват да свържат вълната-пилот с представите на Айнщайн за сингулярности в пространство-времето. Сега теорията на двойното решение трябва да се подчинява не на линейното уравнение на Шрьодингер, а на ново, което трябва да се открие – нелинейно вълново уравнение. Това се възприема като опит за нарушение на табу. Паули, както винаги откровен и остър, ще нарече този анонс „чек без покритие“ и „ръководство за бъдещето“, докато Айнщайн споделя „Тези усилия на моите парижки колеги са много по-близо до моите разбириания, отколкото на американските ми колеги“.

Но дъо Бройл не се предава, заслепението му от сирените от брега на Балтийско море е преминало. Независимостта на мисленето и свободата на действие са били водещи през целия негов живот и творчество. Верен на родения си девиз „Pour l'avenir“ („За бъдещето“), през 1961 г. той ще заяви: „Бъдещето, едно бъдеще, което без съмнение аз няма да доживея, със сигурност ще постави въпроса: дали моята дневна гледна точка е грешка на един

стар човек, останал привързан на идеите си от младостта, или напротив, това са прозренията на един търсещ ум, който цял живот е разсъждавал върху най-фундаменталните проблеми на съвременната физика“ и продължава да копае около пресъхналия извор на младежките си години. Групата на дъо Бойл, заобиколен от учениците си Детуш, Вижие, Тонела, де Борегард, и с новото попълнение от по-младото поколение – Жорж Лошак, Андре Лихнеровиц, Андраде де Силва, Фер, Тийон, се е превърнал в остров, всред бурното вълнуващо море. Малка група с голям проект, но изолирани извън ортодоксалния път [10]. Напредъкът на такава група трудно се забелязва и още по-малко – отбелязва. Ако през средата на 50-те и началото на 60-те години около него има някакво задвижване, то е повече поради идеологични причини, свързано до голяма степен на модерната тогава във Франция „лявата вълна“ – усилията да се наложи „диалектичния материализъм“ като водещ принцип в научното познание в Съветския Съюз и инфильтрирането на тези идеи в някой европейски страни. Моделни детерминистични интерпретации на квантовата механика се правят от Д. Блохинцев и Я. Френкел в Русия, Л. Яноши в Унгария, а нека споменем, че Ж.-П. Вижие е член на ЦК на Френската Компартия, а Дж. Лошак е активен левичар. Западната научна общественост не може лесно да преглътне такова обкръжение на принца... [11]. Постепенно, обаче, учениците му, подгонени от житейски обстоятелства, пък и сами гонейки предните фронтове на науката, се отдалечават от него и дивергират в различни други области на физиката и други институти. Въщност, дъо Бройл има ученици, но не успява да създаде школа – за това се иска фундаментален пробив, консумиране на успехите и признание...

Той прави (1959 г.) още един опит да преобръне „основополагащ камък“ (за съжаление пак безуспешен), да изгради „термодинамика на изолирана частица“, синтез, основаващ се на аналогия между релативистката честота и температура и трите екстремални принципи на физиката – на Ферма, Мопертюи и Карно.

След пенсионирането си през 1962 г. той не стъпва в Института, където е работил 34 години, (макар да изпълнява задълженията си на постоянен секретар на Академията на науките), но до 1975 г. – всяка сряда след обед в дома му в Ней се събират тесен кръг от близките му последователи да обсъждат проблеми на квантовата физика. Вече 80-годишен, той се пита: „...не бяха ли тези последни години, от гледна точка на интелектуалното битие, най-прекрасните в моето живот?“. През този период той издава още 7 книги, 30 съобщения в CR, 15 статии. Последната му книга „Жалони към една нова микрофизика“ излиза през 1978 г. Въщност, пълната Библиография на принц Луи дъо Бройл обхваща 148 журнални публикации, 33 монографии и сборници от статии, 9 книги по философия на естествознанието, 87 печатани изказвания на конференции и др. – общо близо 280 печатани работи в широк изследова-

телски и творчески диапазон. Безспорно, за вечни времена, обаче ще остане уникалната му „докторска дисертация“...

През 1973 г. кръжецът около дъо Бройл се превръща в официална „Фондация Луи дъо Бройл“, под председателството на Луи Ноел (Нobelов лауреат по физика за 1991г.), която издава „*Annales de la fondation Louis de Broglie*“.

След 1975 г. принц Луи дъо Бройл се оттегля от всяка дейност, за да живее още 12 години в къщата си в Ней, и изгасне на 19 март 1987 г. на 95-годишна възраст. Погребан е и в местното гробище, забравен от всички, без никакви правителствени или институционални почести...

Идеалът на хуманистичната личност си остава класичната античност, с нейната хармоничност, съвършенство и завършеност, с универсални интереси и духовни ценности. Такива личности намират най-искрено удовлетворение в занимания на интелекта и духа, животът се превръща в средство за създаване на творби, които единствено заслужават внимание. Доведени до крайност, това има, разбира се, и своите отрицателни последствия: консерватизъмът ограничава контакта с реалната действителност, интелектуалният фанатизъм води до нетърпимост към динамиката на съвременния свят и уязвимост от неочаквани събития, бягството на личността – до затваряне в себе си. А това си е интелектуална драма, независимо от субективното му преживяване или от възприемането на общността. Сам дъо Бройл отбелязва: „*Виден съвременен мислител, – мисля, че беше Бергсон, – бе казал, че през живота си човек има само една голяма идея, което беше дало повод на хуморист да отбележи, че и това е много. Ако аз съм имал една голяма идея в моя живот, това несъмнено е тази, която изложих в първата глава на моята докторска дисертация. Когато за да получа ясна картина за начина на асоцииране на вълни и частици, предложих идеята, че собствената и честотата остава постоянна във фаза с тази на вълната. Това е принципа на свързване между фазите, който и днес ми изглежда истинския ключ за загадката на връзката между вълни и частици. Но това, което е наистина много необичайно, е че тази фундаментална идея по-късно беше напълно забравена (...). Наистина този възглед не беше споделен от голяма част от физиците – теоретици, доста от които въобще не са изучавали моите основополагащи работи. Но тъй като съм бил от близо половин век в основата на създаването на цялата квантова физика, мисля че имам известно право на мой собствен възглед по този въпрос.*“

Наистина, науката е място за противопоставяне на идеи, които, за съжаление, не винаги са основани на необорими аргументи или неоспорими експериментални потвърждения. Нерядко отделни индивиди или цели научни школи насочват усилията си не само за установяване на истината, но и за налагане на тяхната истина и се борят за това с всички сили и средства. Често, въпреки знанието, анализа или синтеза, таланта и прозрението, нищо

не може да се направи без характер, без самоувереност и свободата и независимостта на мислене, които отхвърлят много други основания. Нищо не може да се направи без воля за победа и желание за налагане. Истината е, че всеки се стреми да доминира. Разбира се, всичко това, модулирано от конкретния характер на индивида, от особеностите на личността.

В епохата на формализацията на науката и безпрепятстваното триумфирале на абстракцията, дъо Бройл си търси „образа на света“. Той е и си остава визионер, ясновидец. „Само визионерите раждат“, казва той. За него четиримерното пространство-време е математична фикция, а не физическа реалност (въпреки, че в дисертацията си, за да изведе знаменитата си формула, използва лоренцовите трансформации). Предпочита ранния Айнщан, а не по-късния, „подведен от младите си ученици“, както казва той. Отхвърля индетерминизма, критикува принципа на допълнителността на Бор, а не обратимостта на времето свързва с втория принцип на термодинамиката (на Карно), който според него е фундаментален принцип, в сила и в микросвета. Принципът на причинност във физиката според дъо Бройл, е само част от генералния философски принцип за детерминираност и той не може да се отхвърли с лека ръка. Според него Копенхагската школа търси не истината, а рационално организиране на наблюденията; не адекватен модел на действителността, а математичен формализъм за описание на алгоритми за предсказания. Вместо дедукция – индукцията е неговият инструмент в научното търсене. Вкусът му е предпочтение на философските принципи и глобалните идеи пред математичният формализъм и умозрителните абстракции. Остава близо до физиката, верен на класическата теоретична физика, без да се остави да бъде подхълзнат в дебрите на математичната физика, в която и без това не е много силен. Ако използваме класификацията на Оствалд за Романтици и Прагматици в науката, дъо Бройл е ярка илюстрация на романтиците...

Духовно и интелектуално по-близо до предшествениците си Лаплас, Френел или Пуанкаре, дъо Бройл е противник на централизацията на научните изследвания, и твърди, че новите идеи се предлагат от ярки личности, индивиди с необвързана мисъл; колективите само развиват техните идеи. [12]. Останал верен на себе си, Луи дъо Бройл води ариергардни битки, опитвайки се да моделира науката по свой образец и... търпи неуспех. Всъщност, той не се бори против, той само последователно отстоява свои схващания. Разбира се, като краен резултат, това е интелектуална драма. Особено с напредването на възрастта, когато верността към една идея, зависимостта от една истина се превръща в робство на собствената свобода и независимост. В сянката на успехите на ядрената физика, на квантовата теория на полето, на ускорителите и физиката на високите енергии, останал сам в живота и изоставен (идейно) от учениците си, той остава самотен и против течението.

При дъо Бройл водеща е не философията, а историята на науката: той

вижда развитието на науката като синтез на фундаментални идеи, аналогии между различни, често противопоставяни възгледи, сближаване на стари идеи, сливане на все още разделени пътища... Историческа традиция е да се забравят корените на „новите истини“, които всъщност представляват модифицирани, възкръснали, припознати стари схващания. А човешката природа има нужда да се опира на здрав и сигурен фундамент; затова и се съпротивлява на новите идеи, а когато ги приеме, често ги баниализира и превръща отново в стари доктрини.

Всяка творческа кариера се характеризира с възход, застой и спад. Разбира се, профилът на кривата е различен, различен е и „интеграла по площ“. Но творческата траектория на Луи дьо Бройл е много своеобразна – ако искаме да я характеризираме с математичен термин – „d-образна функция“: достига до апогея на творчеството си като изстрелян с ракета, светил на научния небосклон като комета, превърнал се в мандарин на науката и потънал в звездната шир...

Един късен представител на хуманистичният идеал си остава принц Луи дьо Бройл – аристократичен произход, хармонична личност с всестранни интереси, удовлетворяван само със занимания на интелекта и духа, без грижи за препитанието си – „времето е на негово разположение“, посветен на науката заради самата нея (*l'art pour l'art*). И ако „Pour l'avenir“ е гербът на фамилията, и „Liberte de lesprit“ (свобода на мисълта) е неговият девиз, „Meditation solitaire“ (уединена медитация) доминира в начина му на живот. С призвание в сърцето, той фокусира всичките си усилия към интелектуална дейност, обрънат изцяло към мислене и творчество. Разбира какви сили и каква енергия са необходими за създаването на стойностно творчество и чувства, че в него има всичко необходимо за преследването на такава висока цел. Това е може би една от най-характерните му отличия: концентрация на всички усилия в науката – в начина на търсение и предмета на изучаване. „*Галантът не е достатъчен за един пълноценен живот. Необходими са още възвишена цел и широта на усилията*“, заявява той.

В едно от последните си интервюта, един от знаменитите физици и ярки личности на нашето столетие Едуард Телер заявява: „Вярвам, че в интелектуалното развитие на човечеството има периоди, които са особено значителни. Те са ограничени и не много продължителни и се осъществяват от сравнител-



но малко на брой хора, които се познават помежду си или знаят един за друг. Имам пред вид такива примери като Ренесансовата живопис, Бароковата музика, Бах, Моцарт, Бетовен. В съвременната наука нещо подобно възникна и в Централна Европа през първата половина на XX век.“

Както различни по яркост звезди, отдалечени на милиони светлинни години по-между си, образуват в нашето въображение красивите съзвездия, назовани с най-поетични имена, така и творчески личности с най-различни индивидуални характеристики и човешки съдби, образуват творческите съзвездия, които изграждат нашата цивилизация. Не всички са с еднакъв блъсък, но всички са необходими – поне онези с над 6-а степен на блъсък, за да образуват и Млечния път на науката и отличаващите се съзвездия в него. И звездата на принц Луи дъо Бройл ще бъде винаги разпознавана там.

### Бележки

[1] – „принц“ е само благородническа титла, а не признак за родство с краля.

[2] – За съжаление, някои от съвременните публикации на дъо Бройл и Довелие по теоретична спектроскопия на периодичната система на елементите се оказват грешни, което хвърля сянка върху изграждащата се репутация на младия учен и неговото трудно възприемане след това в научната общност.

[3] – Дисертацията „Recherche sur la theorie des quanta“ (*Annales de Physique*, s.10, t. III, 1925, p. 22-128), съдържа 7 глави: 1. Фазова вълна. 2. Принципи на Мопертуи и Ферма. 3. Кvantови условия за устойчивост на траекториите. 4. Квантуване на едновременно движещи се два заряда. 5. Светлинният квант. 6. Дифузия на X- и  $\gamma$ -лъчи. 7. Статистическа механика и квенти. Нека само отбележим, че формулата  $\lambda = h/mv$  е изведена въз основа на релативистичните преобразования в теорията на относителността, като преди това е доказана „Теорема за съгласуване на фазовата скорост на вълната  $V$  със скоростта на частицата  $v$ “, от която следва, че „частицата се движи със своята вълна по такъв начин, че вътрешните трептения на частицата съвпадат по фаза с трептенията на вълната в тази точка, в която се намира“ т.е.  $Vv = c^2$  (Фазова скорост – на гребена на единична вълна, която се различава от груповата скорост на суперпозицията на много вълни).

[4] – По-късно, по друг повод, Айнщайн признава, че е бил само първата глава на дисертацията... А Капица предава разговора между двамата стари приятели: Еренфест „Ако това, което казва де Бройл е вярно, значи аз нищо не разбирам от физика“; Айнщайн: „Не, ти много добре разбираш физиката; това което не можеш да разбереш е геният...“

[5] – За разлика от баща си сър Джоузеф Джон Томсън (1856-1940), който получава Нобеловата награда по физика за 1906 г. за откриване на електрона, т.е. установяване на корпускулярния му характер.

[6] – На 21.05.1925 г. неукротимият Паули пише на приятеля си Р. Кронинг „Физиката отново е в задънена улица, във всеки случай за мене тя е много трудна, и бих предпочел да съм комик в киното или нещо подобно и да не чувам нищо за физиката“. За същия период се отнася и разказа на Йофе, когато великия Лоренц „съжалива, че не е умрял преди 5 години, когато хоризонтът на квантовата теория е чист и ясен...“

[7] – Jagdish Mehra, Helmut Rechemberg – *The Completion of Quantum Mechanics*

[8] – През 1968 г. издателство „Наука и изкуство“ издава тази книгата на дъо Бройл, под заглавие – в духа на времето – „Революция във физиката“. Виж. Съдържателната бележка на преводача на книгата Ст. Габраков в „Бюлетин на Дружеството на физиците“, кн. 4, 1987 г.

[9] – В едно есе за Ампер, де Бройл твърди, че „човек на науката трябва да бъде познат, преди всичко, чрез неговото творчество и неговия жизнен пример, поставен над обстоятелствата, заложник на историята и случайностите на съдбата, в които е поставен“. Но, от друга страна, никой не може да отрече, че познаването на человека позволява по-добре да разберем и творчеството му. Наистина това е в поголяма сила при творчеството на писатели, композитори, художници и философи, а за учените, за които се предполага, че изследват „независимата и обективна действителност“, това може да се оспорва, но едва ли може да се отминава лесно. Разбира се, има биографични детайли, които не касаят пряко творчеството му; вероятно има неща, които не може да се питат, или други, които не бива да се чоплят, и такива, които не бива да се казват... Но когато става дума за такава личност като един Принц, Нобелов лауреат по физика и член на Френската Академия на Безсмъртните, смокиновите листа са безсмислени...“

[10] – Само Comptes Rendus публикува техните работи, защото са представени от академик Луи дъо Бройл.

[11] – Има и по-крайни мнения по въпроса: „*Както ми разказваха френските физици през 1991 г., когато работех в Париж, във Франция развитието на квантовата физика беше пресечена от херцог Луи де Бройл, изигравайки ролята на Лисенко във френската физична общност, независимо от личния му принос в началото на нейното развитие. Казват, че той се оказва невероятно глупав и невероятно упорит в своята глупост. При това, той е имал грамадно влияние. И всичко това заедно дава много лоши резултати*“ – С.П.Новиков – Кризата във Физико-математичната общност...“

[12] – Известна българска следа от Луи дъо Бройл има у нас чрез творческия път на акад. Асен Дацев. През 1938 г., в Сорбоната, той защищава дисертация на тема „Върху проблема на потенциалните ями и решението на уравнението на Шрьодингер“, пред комисия, на която член е и самият дъо Бройл. Голям дял в творчески търсения през по-късните години на акад. Дацев са в духа на разбиранятията на дъо Бройл, когото той е считал за свой учител – квантовомеханично описание, като резултат на сложна динамика на субстанция на вакуума „субвак“ [виж. „Светът на физиката“, кн.1, 1991]

[14] – Макар че през 1949 г. на конференцията в Лозана той изказва идеята за организиране на международна лаборатория за изследвания в областта на ядрената физика и физиката на елементарните частици, защото в бъдеще нито една страна сама няма да има мошта за провеждане на такива изследвания, той така и до края на живота си не посещава създадената с такава цел лаборатория – ЦЕРН в Женева. Да си зададем риторично въпроса “Какво би станало с една гигантска съвременна изследователска физическа институция с добре обзвадени експериментални лаборатории, ако начало на нея беше поставен като директор Нобеловият лауреат по физика принц Луи дъо Бройл?”...

В „Годината на физиката“, свързана с 100-годишнината на знаменитата публикация на Айнщайн, редколегията на „Светът на физиката“ реши да публикува няколко статии, свързани с влиянието на Айнщайн извън сферата на физиката и природознанието. В настоящия брой представяме лекцията на световноизвестния испански философ на културата Хосе Ортега и Гасет (1883-1957), изнесена в Мадридския университет през зимния семестър 1922-1923 г. в цикъла лекции, обединени под название „Темата на нашето време“ („El Tema de nuestro tiempo“, Madrid, 1923). Както сам определя, в нея той се опитва „да осмисли физическата интерпретация на глобалния смисъл, заложен в теорията на Айнщайн“

## ИСТОРИЧЕСКИЯТ СМИСЪЛ НА ТЕОРИЯТА НА АЙНЩАЙН

**Хосе Ортега и Гасет**

Теорията на относителността, най-престижният интелектуален факт, който настоящето може да изтъкне, е теория и, следователно, нейната вярност или невярност подлежат на обсъждане. Но независимо дали е вярна или погрешна, теорията е корпус от мисли, роден в една душа, в един дух, в едно съзнание, както плодът се ражда на дървото. Но един нов плод показва, че във флората се е появил нов растителен вид. Следователно можем да изучим тази теория с намерението на ботаника, описващ растение – не ни интересува дали плодът е добър или вреден за здравето, дали е верен или погрешен, съследочаваме се само върху белезите на новия вид, върху новия тип дошло в живота създание, което откриваме. Този анализ ще ни разкрие историческия смисъл на теорията на относителността, какво представлява тя като исторически феномен.

Нейните особености издават някои специфични тенденции в душата, която я е създала. И тъй като научно построение с такова значение не е дело на един единствен човек, а резултат от непредумишленото сътрудничество на много хора – всъщност на най-добрите – насоката, която ще разкрият тези тенденции, бележи ориентацията на западната история.

С това не искам да кажа, че триумфът на тази теория ще повлияе на духовете като им налага някаква определена посока. Това е очевидно и бanalно. Интересно е обратното – защо духовете, спонтанно са поели в определена посока, довела до раждането и триумфа на теорията на относителност-

та. Колкото по-проникновени и технически са идеите, колкото по-отдалечени изглеждат от човешките привързаности, толкова по-верни признания представляват за дълбоките промени, извършващи се в историческата душа.

Достатъчно е да изтъкнем съвсем накратко основните насоки, изиграли роля за създаването на тази теория; достатъчно е още малко да продължим линиите им извън границите на физиката, за да се очертая една нова чувствителност, противоположна на царувалата през последните векове.

### 1. АБСОЛЮТНОСТ

Нервите на цялата система са в идеята за относителността. Затова всичко зависи дали ще се разбере добре обликът на тази мисъл в гениалното дело на Айнщайн. Изобщо няма да прозвучи пресилено твърдението, че именно в тази точка гениалността е вложила божествената си сила, авантюристичния си тласък , върховната си архангелска дързост. При наличието на този пункт, останалата част от теорията би могла да се развие просто с находчивост.

Класическата механика също признава относителността на всички наши определения на движението и следователно на всяко положение в пространството и времето, което подлежи на наблюдение от наша страна. Как теорията на Айнщайн, която – както чуваме – преобръща цялата постройка на класическата механика, изтъква от свое име, като своя най-съществена черта, относителността? *Релативизъмът на Айнщайн е точно обратният на този на Галилео и Нютон.* За тях емпиричните детерминанти продължителност, разположение и движение са относителни, тъй като вярват в съществуването на абсолютни пространство, време и движение. Ние не можем да стигнем до тях, в най-добрия случай имаме индиректни сведения за тях (например центробежните сили). Но ако се вярва в тяхното съществуване, всички детерминанти, които наистина имаме , ще бъдат дисквалифициирани като чиста привидност, като стойности, отнасящи се до точката, от която наблювателят извършва сравнението си. Следователно тук релативизъмът означава недостатък. Можем да кажем, че физиката на Галилео и Нютон е относителна.

Да предположим, че по една или друга причина, някой сметне за необходимо да отрече съществуването на този непостижим абсолют в пространството, времето и преместването. В същия миг конкретните детерминанти, изглеждали преди относителни в лошия смисъл на думата, освободени от сравнението с абсолютното, се превръщат в единствените, които изразяват реалността. Вече няма да има една (недостижима) реалност и друга, относителна в сравнение с нея. Ще има само една реалност и тя ще е приблизително описана от позитивната физика. Е добре, това е реалността, която наблювателят възприема от мястото на което се намира, и следователно е относителна. Но тъй като според направеното от нас предположение тази относителна реалност е единствената, която съществува, в същото време ще се окаже, че

е относителна и че е истинска реалност или, което е същото, абсолютната реалност. Тук релативизмът не се противопоставя на абсолютността, *напротив*, слива се с нея и не само че не представлява недостатък в познанието ни, но му придава абсолютна валидност.

Такъв е случаят с механиката на Айнщайн. Неговата физика не е релативна, а релативистична и благодарение на своя релативизъм има абсолютно значение.

Най-тривидалното изопачаване, на което може да бъде подложена новата механика, е да се интерпретира като още едно изчадие на стария философски релативизъм, върху който именно тя нанася удар. За стария релативизъм нашето познание е относително, понеже *това*, което се стремим да опознам (действителността пространство-време) е абсолютно и непостижимо за нас. За физиката на Айнщайн нашето познание е абсолютно, относителна е действителността.

Ето защо е добре преди всичко да се изтъкне нейната тенденция към *абсолютното* в областта на познанието като една от най-присъщите черти на новата теория. Изглежда просто невероятно, че това не е било подчертано от интерпретаторите на философското значение на гениалната новост. И все пак, тенденцията се проявява съвсем ясно в основната формулировка на цялата теория: физическите закони са верни, каквато и да е използваната референтна система, тоест, която и да е опорна точка. Преди петдесет години мислителите се тревожеха дали „от гледна точка на Сириус“ човешките истини ще си останат такива. Това би означавало да се принизи науката на човека, като се признае за валидна само в домашни условия. Механиката на Айнщайн дава възможност нашите физически закони да са равнопоставени с онези, които може би се въртят из умовете на Сириус.

Но тази нова *абсолютност* е коренно различна от онази, която е наследствала рационалистичните духове през последните столетия. Те вярвали, че на човек му е дадено да разкрие тайната на нещата само като потърси в лоното на собствения си дух вечните истини, с които е преизпълнен. Така Декарт създава физиката, като я извлича не от опита, а от това, което нарича *tresor de mon esprit*<sup>1</sup>. Истините, които не идват от наблюдението, а от чистия разум, имат универсална стойност и вместо ние да ги научим от нещата, по някакъв начин им ги налагаме: те са истини *a priori*. У самия Нютон се наричат фрази, разкриващи този рационалистичен дух. „Във философията на природата трябва да се абстрагираме от сетивата.“ Казано с други думи, за да установим какво е едно нещо, трябва да се обърнем с гръб към него. Един пример за тези магически истини е законът за инерцията: според него едно тяло, ако не търпи никаква намеса и се намира в движение, ще се движи неопределено дълго време в една и съща права посока. Е добре, не познаваме такова тяло, изолирано от каквото и да било влияние. Защо е тогава това

твърдение? Просто защото пространството има правилна евклидова структура и, следователно, всяко „спонтанно“ движение, което не е отклонено от никаква сила, ще се подчини на закона на пространството.

Но кой гарантира, че пространството има евклидова природа? Опитът? По никакъв начин чистият разум, преди всякакъв опит, се произнася върху абсолютната необходимост пространството, в което се движат физическите тела, да е евклидово. Човекът може да *вижда* само в евклидово пространство. Тази особеност на земния жител е издигната от рационализма в закон за целия космос. Старите рационалисти допускат същата наивност във всички области. Те изхождат от едно прекомерно зачитане на человека. Правят от него център на вселената, когато той е само едно ъгълче. И това е най-серийната грешка, която теорията на Айнщайн е призвана да поправи.

## 2. ПЕРСПЕКТИВИЗЪМ

Провинциалният дух винаги и с пълно основание е бил смятан за недодълан. Той представлява оптичен дефект. Провинциалистът не си дава сметка, че гледа на света от точка, която не е неговият център. Обратното, предполага се, че се намира в центъра на вселената и преценява всичко, като че ли заема централна позиция. Оттам и будещото му съжаление самодоволство, което има толкова комичен ефект. Всичките му съвращания са погрешни още от самото си раждане, понеже изхождат от един псевдоцентър. За разлика от провинциалиста, жителят на столицата знае, че градът му, колкото и голям да е, е само част от космоса, кътче далеч извън центъра. Освен това знае, че в света няма център и следователно във всичките ни съждения трябва да се пренебрегне специфичната перспектива, която имаме, като гледаме действителността от нашата гледна точка. По тази причина провинциалистът винаги възприема жителя на големия град като скептик, а той просто е по-осведомен.

Теорията на Айнщайн всъщност разкри, че модерната наука в примерната си дисциплина – *nuove scienze* на Галилео, славната западна физика – страда от остръ провинциализъм. Евклидовата геометрия, приложима само на близки разстояния, е проектирана върху вселената. Днес в Германия започват да наричат системата на Евклид „геометрия на близкото“ в противовес на други корпуси от аксиоми, които, както тези на Риман, са геометрии на далечното.

Както всеки провинциализъм, така и провинциалната геометрия е превъзмognата благодарение на едно привидно ограничение, на една проява на скромност. Айнщайн бил убеден, че да се говори за Пространство е мегаломания, която неизбежно води до грешка. Не познаваме други разстояния освен измерените от нас, а можем да измерваме само с нашите инструменти. Те са нашият научен зрителен орган, те определят пространствената структура на познатия ни свят. Но тъй като същото се случва и на всяко същество,

което от друго място в света иска да построи физика, се оказва, че това ограничение всъщност не е истинско ограничение.

Не става дума за това да преповтаряме някаква субективна интерпретация на познанието, според която истината е такава само по отношение на определен субект. Според теорията за относителността случката *A*, която от друга гледна точка, разположена на земята, предхожда във времето случката *B*, от друго място във вселената, например Сириус, ще се окаже следваща спрямо *B*. Не може да има по-пълно преобръщане на действителността. Означава ли това, че или нашата представа, или тази на жителя на Сириус, не са верни? По никакъв начин. Нито човекът като субект, нито този от Сириус деформират реалното. Проблемът е в това, че едно от присъщите на реалността качества е да има перспектива, тоест тя се организира по различен начин, когато е гледана от едно или от друго място. Време и пространство са обективни съставки на физическата перспектива и е естествено да се променят с гледната точка.

Във въведението към първия *Наблюдател*, появил се през януари 1911г., когато все още нямаше нищо публикувано за общата теория на относителността<sup>2</sup>, аз изложих накратко тази доктрина за перспективата, като и придавах обхват надхвърлящ физиката и отнасящ се за цялата действителност. Правя тази забележка, за да покажа до каква степен подобен начин на мислене е белег на времето.

А това, което най-много ме учудва е, че все още никой не е обърнал внимание на тази основополагаща характеристика на делото на Айнщайн. Доколкото знам, когато се пише за него, голямото откритие се интерпретира без изключение като още една крачка по пътя на субективизма<sup>3</sup>. На всички езици и с всякакви изрази се е повтаряло, че Айнщайн идва да потвърди доктрината на Кант поне в едно отношение: субективността на пространството и времето. За мен е важно да отбележа само, че смяtam това мнение за възможно най-пълното неразбиране на съдържащия се в теорията на относителността смисъл.

Да уточним въпроса кратко, но колкото се може по-ясно. Перспективата е редът и формата, която действителността приема за този, който я наблюдава. Ако мястото, заемано от наблюдателя се променя, променя се и перспективата. И обратното, ако наблюдателят е заменен от друг, но на същото място, перспективата си остава същата. Наистина, ако няма наблюдаващ субект, пред който се представя действителността, няма и перспектива. Това означава ли, че тя е субективна? Тук се корени грешката, която в продължение поне на два века е обхрквала цялата философия, а заедно с нея и отношението на човека към вселената. За да бъде избегната, трябва да се направи едно просто разграничение.

Когато виждаме сама и неподвижна една билиардна топка, възприемаме

единствено качествата цвят и форма. Но ето друга билярдна топка, която се удря в първата. Тя е бълсната със скорост, съответстваща на удара. Тогава забелязваме ново качество на топката, останало скрито до момента – нейната еластичност. Някой обаче би могъл да ни кажа, че еластичността не е качество на първата топка, понеже се проявява при удара с друга топка. Веднага бихме отговорили, че няма такова нещо. Еластичността е качество на първата топка не по-малко отколкото са цветът и формата ѝ, но е качество реакция или отговор на взаимодействието на друг предмет. Така е и при човека; това, което обикновено наричаме характер, е начин на реагиране на външното – неща, хора, случки.

И така, когато една реалност се сблъска с този друг предмет, който наричаме „съзнателен субект“, реалността отговаря, като му се представя. Представянето е обективно качество на реалното, неговият отговор на даден субект. Освен това този отговор е различен в зависимост от мястото, от което гледа. Вижте как перспективата, гледната точка, придобиват обективна стойност, а досега са били смятани за деформации, които субектът налага на действителността. Обратно на кантианската теза, пространството и времето отново стават форми на реалното.

Ако между безбройните гледни точки имаше една изключителна, на която би могло да се припише по-голяма адекватност отколкото на другите, останалите биха могли да се приемат за деформации или „чисто субективни“. Така са мислили Галилео и Нютън, когато са говорили за абсолютното пространство, т.е. за пространство, наблюдавано от някъде, без конкретна гледна точка. Нютън нарича абсолютното пространство *sensorium Dei*, зрителен орган на Бога, бихме казали божествената перспектива. Но веднага щом се доведе до край идеята за перспектива, която не е свързана с никое дадено, определено място, се открива нейната противоречива и абсурдна природа. Няма абсолютно пространство, защото няма абсолютна перспектива. За да стане абсолютно, пространството трябва да престане да бъде реално – пространство, изпълнено с неща – и да се превърне в абстракция.

Теорията на Айнщайн е чудесно оправдание на хармоничната множественост на всички гледни точки. Разширете тази идея към моралното и естетическото и ще имате нов начин на усещане на историята и живота.

За да постигне възможния максимум истина, индивидът не трябва, както се е проповядвало в течение на столетия, да замени спонтанната гледна точка с друга, примерна и нормативна, която обикновено се наричава „виждане на нещата *sub specie aeternitatis*“. Гледната точка на вечността е сляпа, от там не се вижда нищо, тя не съществува. Вместо това нека човек се опита да бъде верен на личния императив, който представлява неговата индивидуалност.

Същото става и при народите. Вместо да считаме за варварски неевро-

пейските култури, нека да започнем да ги уважаваме като равностоен на нашия стил на среща с вселената. Китайската перспектива е толкова оправдана колкото и западната.

### **3. АНТИУТОПИЗЪМ И АНТИРАЦИОНАЛИЗЪМ**

Същата тенденция, която в положителната си форма води до перспективизма, в отрицателна форма предполага враждебност към утопизма.

Утопично схващане е това, което се създава „от никъде, но в същото време претендира да е валидно за всичко. Подобно непокорство към локализацията изглежда нагло за чувствителност като тази, която прозира от теорията на относителността. В космическия спектакъл няма зрител без определено място. Да искаш да видиш нещо, но да не искаш да го видиш от точно определено място, е абсурд. Детинското неподчинение спрямо условията, наложени ни от реалността, неспособността да се приеме съдбата с радост, наивната претенция, че е лесно да я заменим с нашите безплодни желания, са все черти на умиращия сега дух, който отстъпва мястото си на друг, напълно противоположен.

Склонността към утопии в науката, морала, религията, изкуството е владяла европейския ум през цялата модерна епоха. Огромното, специфично европейско желание да овладее реалното е трябвало да натежи с цялата си уравновесяваща тежест, за да не завърши западната цивилизация с грандиозен провал. Защото най-сериозното при утопизма не е, че дава неверни решения, научни или политически, на проблемите, а нещо още по-лошо – не приема проблема, реален както той му се представя, а по-скоро и – естествено – априорно, му налага форма по свое желание.

Ако се сравни животът на запад с този в Азия – на индийците и китайците, веднага ни изненадва духовната нестабилност на европеца в сравнение с дълбоката уравновесеност на източната душа. Тази уравновесеност показва, че, поне с оглед на най-големите житейски проблеми, човекът от Изтона е намерил най-добре пасващите за действителността формули. В замяна на това, европеецът е демонстрирал фриволност при оценяването на елементарните фактори в живота и си е изработил за тях произволни интерпретации, които е наложително периодично да подменя.

Утопичните забежки на човешкия ум започват в Гърция и настъпват навсякъде, където се стигне до изостряне на рационализма. Чистият разум представлява образцов свят – физически или политически космос, – уверен, че тази е истинската реалност и затова трябва да подмени настоящата. Разминаването между нещата и чистите идеи е такова, че конфликтът е неизбежен. Но рационалистът не се и съмнява, че в него трябва да отстъпи реалност. Това убеждение е характерно за рационалистичния темперамент.

Ясно е, че реалността има твърдост в излишък, за да устои на атаките на

идеите. Тогава рационализъмът търси изход – признава, че за *момента* идеята не може да бъде реализирана, но ще се осъществи в един безкраен процес“ (Лайбниц, Кант). Утопизмът приема формата на *укронизъм*. През последните два века и половина всичко намираше решение, като се прибягваше до безкрайността или поне до периоди с неопределена продължителност. (Според дарвинизма един вид се ражда от друг без нищо друго освен промеждутька от няколко хилядолетия.) Като че ли времето – призрачен поток – просто както си тече, може да стане причина за нещо и да направи правдоподобно нещо немислимо в настоящето.

Непонятно е как науката, чието единствено удоволствие е да постига дословна картина на нещата, може да се подхранва от илюзии. Спомням си, че една подробност оказа особено влияние върху моето мислене. Преди много години четох някакво изложение на физиолога Льови за тропизмите. Тропизмът е понятие, с което се прави опит да бъдат описани и изяснени елементарните движения на инфузориите. По-добре или по-зле, с поправки и допълнения, понятието служи за разбиране на някои от споменатите явления. Но в края на лекцията си Льови добавя: „Ще дойде време, когато това, което днес наричаме етически действия на человека, ще се обяснява просто като тропизми.“ Тази дързост извънредно ме обезпокои, защото ми отвори очите за много други схващания на модерната наука, които не толкова очевидно допускат същата грешка. Така че – мислех си аз – понятие като тропизъм, което едва успява да проникне в тайната на толкова прости явления като подскоците на инфузориите, може в някакво неопределено бъдеще да е достатъчно за обяснението на нещо толкова загадъчно и сложно като етическите действия на человека! Какъв смисъл има това? Има ли изобщо някакъв смисъл? Науката трябва да разрешава проблемите си днес, а не на кукуво лято. Ако настоящите й методи не са в състояние да разгадаят днес загадките на вселената, благоразумието налага да се заменят с други, по-ефикасни. А науката, която ползваме, е пълна с проблеми, които дори не се поставят заради несъответствието им с методите. Като че ли последните са задължени да се подчиняват на първите, а не обратното! Науката е претъпкана с укроними, с „кукуви лета“.

Когато излезем от това научно благочестие, практикуващо идолопоклоннически култ на предварително установените методи, и надникнем в мисленето на Айнщайн, до нас достига свежият полъх на утрешния ден. Отношението на Айнщайн е съвсем различно от традиционното. Виждаме го да върви право към проблемите с походка на млад атлет и да ги хваща за рогата като използва най-удобната хватка. От нещо, което изглежда като недостатък и ограничение в науката, той прави достойнство и печеливша тактика.

Едно кратко отклонение ще обясни този въпрос.

От творчеството на Кант ще остане безсмъртно едно велико откритие:

опитът не е само сбор от данни, предадени от сетивата, а резултат от два фактора. Сведенията, получени от сетивата, трябва да бъдат събрани, подредени, организирани в някаква стройна система. Този ред е привнесен от субекта, той е *априорен*. Другояче казано: физическият опит се състои от наблюдение и геометрия. Геометрията е лист, разчертан от чистия разум, наблюдението е дело на сетивата. Всяка наука, обясняваща материалните явления, е съдържала, съдържа и ще съдържа тези две съставки.

Идентичността на съставките, демонстрирана неизменно от модерната физика по протежение на цялата и история, обаче не изключва дълбоките промени в лоното на нейния дух. И наистина връзката между двете съставки дава основания за много разнородни интерпретации. Коя от двете ще се подчини на другата? Трябва ли наблюдението да отстъпи пред изискванията на геометрията или пък геометрията – пред наблюдението? Да вземеш решение в полза на едното или на другото значи да се причислиш към единия от двата противоположни типа на мислене. В рамките на една и съща, единствена физика има място за две касти от изправени едни срещу други хора.

Знае се, че експериментът на Майкълсън има ключово значение: при него мисленето на физика е поставено между чука и наковалнята. Строго погледнато, геометричният закон, който постулира неизменната хомогенност на пространството, независимо от протичащите в него процеси, влиза в конфликт с наблюдението, с факта, с материията. Едно от двете: или материјата отстъпва пред геометрията, или обратното.

В тази изострена дилема откриваме два мисловни темперамента и сме свидетели на техните реакции. Лоренц и Айнщайн, изправени пред един и същ експеримент, вземат противоположни решения. Лоренц, който в това отношение е представител на стария рационализъм, счита за задължително да приеме, че именно материјата отстъпва и се свива. Прословутото „свиване на Лоренц“ е възхитителен пример на утопизъм. Това е „Клетвата на играта на топка“, трансплантирана във физиката. Айнщайн застава на противоположната позиция. Геометрията трябва да отстъпи, чистото пространство трябва да се преклони пред наблюдението, трябва да се изкриви.

Ако предположим наличието на съвършено съответствие и прехвърлим Лоренц в политиката, той би казал: нека нациите умират и да се запазят принципите.

Не е трудно да се преувеличи значението на завоя, на който Айнщайн подлага науката физика. Досега ролята на геометрията, на чистия разум, бе да упражнява неоспорима диктатура. В простонародния език е останала следа от това приписано на разума занимание, народът говори за „диктат на разума“. За Айнщайн ролята на разума е много по-скромна: от диктатор той се превръща в инструмент, който във всеки един случай трябва да доказва доколко е полезен.

Галилео и Нютон направиха пространството евклидово просто защото разумът е диктувал така. Но чистият разум не може да прави друго, освен да измисля системи на подреждане. Те могат да бъдат многобройни и различни. Евклидовата геометрия е една от тях, Римановата е друга, тази на Лобачевски – трета и т.н. Но е ясно, че нито те, нито пък чистият разум, решават какво е реалното. Обратно, реалността подбира измежду тези възможни варианти на подреждане, измежду тези схеми, онази, която е най-близка. Именно това означава теорията на относителността. Айнщайн гениално се противопоставя на рационалистичното минало, продължило четири века, и преобъръща закостенялото вече отношение между разума и наблюдението. Разумът престава да бъде императивна норма и се превръща в набор от инструменти, доказващи се при наблюдението и той решава кой от тях е подходящият. Оказва, че науката е получена в резултат на взаимен подбор, осъществен между чистите идеи и чистите факти.

Това е една от най-важните черти от мисленето на Айнщайн и тя трябва да се изтъкне, защото с нея се поставя началото на ново отношение към живота. Културната представа да бъде както досега императивна норма, към която трябва да се нагоди нашето съществуване. Сега виждаме една по-благоразумна и по-справедлива връзка между двете инстанции. Сред нещата от живота някои са подбрани като възможни форми на културата, но измежду тези възможни форми на културата животът на свой ред подбира единствените, които би трябвало да намерят реализация.

### 4. ПРЕДЕЛНОСТ

Не искам да завърша това описание на дълбинните тенденции, които изплуват на повърхността в теорията на относителността, без да спомена най-ясната и очевидна от тях. Докато утопично настроеното минало се спрявяше с всичко като прибягващо до безкрайното в пространството и във времето, физиката на Айнщайн – а също и насърко появилата се математика на Брауър и Уейл – поставят предели на вселената. В света на Айнщайн има изкривяване и следователно той е затворен и краен.

За онзи, който смята, че научните доктрини се раждат спонтанно, само като се разтворят очите и умът към фактите, тази новост не е от значение. Свежда се до модификация на формата, която обикновено е била придавана на света. Споменатото предположение обаче не е вярно: колкото и очевидни да изглеждат фактите, на които се базира една научна доктрина, тя не се ражда без определено разположение на духа към нея. Трябва да си дадем сметка за генезиса на нашите мисли с цялата им фина действителност. Не се откриват други истини освен предварително търсените. Духът е сляп за останалите, колкото и очевидни да изглеждат.

Това придава огромно значение на факта, че изведенът във физиката и в математиката се появява определено предпочтение към крайното и силна

неприязън към безкрайното. Има ли по-съществено различие между две души, отколкото проявената от едната привързаност към идеята, че Вселената е безкрайна и усещането за крайност на света, което има другата? Безкрайността на космоса е била една от големите, възбуждащи духовете идеи, които е дал Ренесансът. Тя е пораждала патетични приливи в сърцата, заради нея Джордано Бруно е бил осъден на жестока смърт. През цялата модерна епоха, под стремежите на западния човек като вълшебен фон се е усещал пулсът на тази безкрайност на космическия пейзаж.

А сега изведенът светът се оказва ограничен – той е градина, опасана от ограда, помещение, интериор. Не предполага ли тази нова сценография цял един противоположен на днешния стил на живот? Нашите внуци ще встъпят в съществуването с тази представа и жестовете им към пространството ще имат смисъл, обратен на този, който са имали нашите. Явно в склонността към крайното има ясно изразена воля за ограничаване, за спокойна чистота, антипатия към неопределените суперлативи, антиромантизъм. Древногръцкият „класическият“ човек също е живял в ограничена вселена. Цялата гръцка култура пулсира с ужаса пред безкрайното и търси *metron*, мярката.

И все пак, би било повърхностно да се мисли, че душата се отправя към един нов класически свят. Неокласическата тенденция никога не е била нищо друго освен фриволност. Класическият човек търси предела, но то е защото никога не е изживял безпределното. Нашият случай е обратен, за нас пределът означава ампутация, а затвореният и краен свят, в който ще дишаме сега, неизбежно ще бъде чуканче на вселената<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Съкровището на моя разум (фр.) – бел. ред.

<sup>2</sup> Първата публикация на Айнщайн за накърно направеното му откритие *Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie*, излезе през същата година – бел. авт.

<sup>3</sup> Доста време след публикуването на това ми беше обърнато внимание, че по същото време се е появила лекция на философа Гайгер, в която той също говорел за абсолютния смисъл, присъщ на теорията на Айнщайн. Така, че тезата на Гайгер има допирни точки с изложената в това есе – бел. авт.

<sup>4</sup> Би било необходимо да се засегнат други два пункта, за да се изясни в общи линии изцяло умът, създал теорията на относителността. Единият от тях е вниманието, с което се подчертават *дисконтиинитетите* на реалното в противовес на стремежа към континуитет, господствал в мисленето през последните векове. Тази *дисконтиинутност* триумфира едновременно в биологията и в историята. Другият пункт, може би най-сериозният от всички, е тенденцията да се потисне *каузалността*, която присъства латентно в теорията на Айнщайн. Физиката, започната като механика и превърнала се в динамика, при Айнщайн клони към превъръщането си в чиста *кинематика*. И по двете точки може да се говори само с помощта на трудни технически обяснения, каквито се опитах да избегна в текста – бел. авт.

# ФИЗИЧЕСКИ И ЕМОЦИОНАЛНИ НАСЛАЖДЕНИЯ С ДЖАЗОВИ ВАРИАЦИИ ВЪРХУ КЛАСИЧЕСКА МУЗИКАЛНА ТЕМА

Николай Борисов

## 1. ОБЩИ БЕЛЕЖКИ

На многостраничните връзки между науката и изкуството и в частност – музиката, авторът е обръщал неведнъж (например [1, 2]) внимание: както на определението на Лудвиг ван Бетовен „Изкуството е посредник между живота на ума и живота на чувствата“, така и върху любопитните факти от биографията на видните немски физици през втората четвърт на миналия век, когато М. Борн и В. Хайзенберг са получили признание и като пианисти-виртуози, а М. Планк е чеял лекции по музика в Берлинския университет.

По-долу се обсъждат още два типа връзки между физиката и музиката. Първата се отнася до взаимодействието на музикалните тонове като физически носители на звуци с определени параметри (частота и амплитуда на трептене, тембър и регистър на звучене и продължителност на изпълнение) до джазови импровизации върху класическа музикална тема. Втората връзка пък се основава на въвеждането на един общ физически и музикален параметър, позволяващ аналогия между емоционалното въздействие на музикалния текст и представите за въздействието на топлината върху една система от атоми.

Нека се има предвид, че топлинното движение на електроните в твърди тела съответства на тяхна енергия:

$$E = \frac{3}{2} kT, \quad (1)$$

където T е абсолютната температура, а k е константата на Болцман. При равновесни условия свободната енергия като термодинамична функция:

$$F = U - TS \quad (2)$$

на атомната система е минимална ( $U$  е вътрешната енергия на системата, а  $S$  – нейната ентропия). При загряване,  $F$  в (2) започва да намалява поради едновременното нарастване на  $T$  и  $S$  – по-силно чрез тяхното произведение, отколкото чрез промяната на  $U$ .

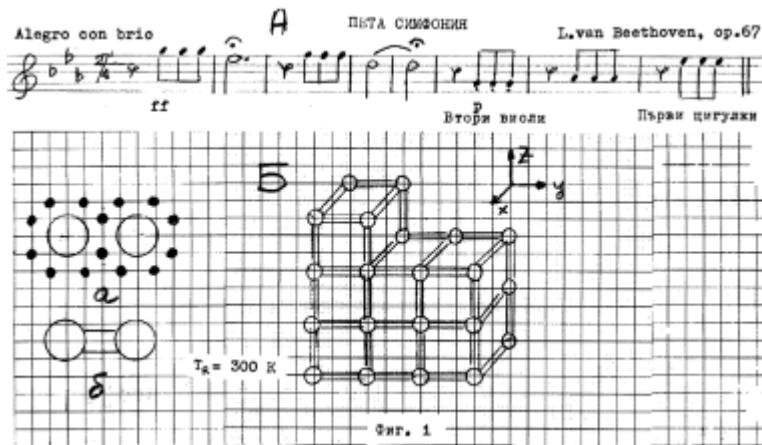
## 2. МУЗИКА И ФИЗИКА

Дисонансни и синкопни форми се откриват в творчеството на такива големи композитори като: Пьотр Чайковски – да си припомним основния мо-

тив от музиката към балета „Лебедово езеро“; в никои сонати на Бетовен; в „24 прелюдии“ за пиано от Клод Дебюси; в „Хорови творби“ на Бела Барток; в някои пиеси на Игор Стравински; в Симфония № 4 на Йоханес Брамс; както и в отделни творби на Сергей Рахманинов, Дмитри Шостакович, Рихард Штраус, Петко Стайнов и др. Музикални импровизации с дисонансни интервали и акорди, както и синкопни форми нарушават чувството за традиционно възприемане на музиката от слушателя и са в състояние да предизвикат специфични представи в съзнанието му, макар че и до днес се обсъжда, дали много дългите хроматични и прекалено резките дисонансни интервали, както и преобладаващите ударни инструменти – особено в стила „металика“, не е вече един напълно формалистичен подход към музиката. Подобен музикален стил обаче тук напълно се изключва от по-нататъшно разглеждане!

## 2.1. Първи контакти

Като музикален пример на фиг. 1А са избрани уводните 8 нотни такта в оригинал от партитурата на Пета симфония на Бетовен – първа част, *Алегро кон брио* (живо, с блъськ). Този фрагмент от симфонията, известен и под наименованието „Ударите на Съдбата“, се изпълнява от духови инструменти (в първия и третия такт) и от цигулки (след шестия и осмия такт). Тъй като всяко забавяне в темпото внася нюанс на тържественост, двете корони над втория и петия такт във фортисимо (ff) изразяват подчертаната от композитора сила на Съдбата за хората и техните герои. Ясна и обоснована като



необходима потребност е връзката на всеки такт от нотния текст на фрагмента със съседния му такт, изграждайки така една музикална конструкция, характеризирана с монолитност и вътрешна здравина.

Същите качества са присъщи и на

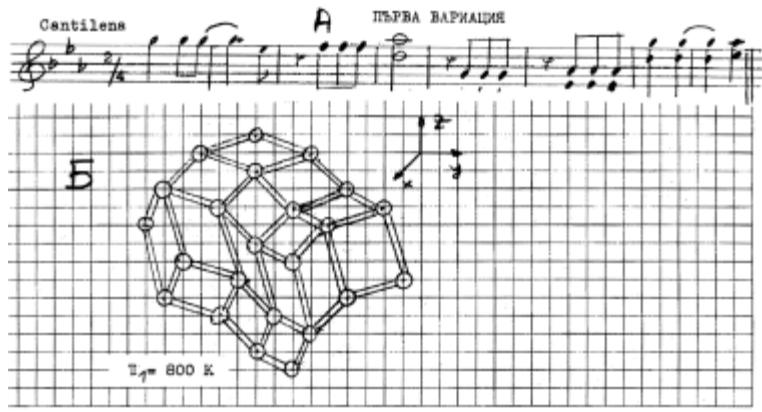
атомната решетка на твърдотелните материали. Нека за определеност изберем един химичен елемент от Четвърта група на Периодичната система, който при стайни температури има кристална структура с кубическа симетрия. Ако междуатомната връзка е от ковалентен тип, всеки два атома – изобразени условно на фиг. 1а с големи празни кръгчета, имат по два валентни електро-

на – почернените малки кръгчета. На следващата фиг. 1б двете атомни връзки в едномерния случай са показани опростено чрез две успоредни прави линии (ребра на решетката). В тримерна координатна система атомната решетка на материала е дадена на фиг. 1Б. Нейната конструкция е идеализирана до липсата на каквото и да е дефекти и отствие на гранична повърхност. При  $T_1 = 300$  К атомите по възлите на кристалната решетка извършват само топлинни трептения (фонони) около равновесното си положение, а свободните електрони при тази температура съгласно (1) имат топлинна енергия  $E = 26$  meV, която се счита за незначителна.

Може да се обобщи, че общ признак между нотната система от музикалния фрагмент от фиг. 1А и атомната система от фиг. 1Б е здравината и устойчивостта на тяхната архитектура от гледните точки съответно на музикална аранжировка и физическата механика.

## **2.2. Последователни музикални импровизации и температурни промени**

Основната музикална тема за Съдбата по-долу е развита последователно в три вариации в джазов стил: във всяка следваща вариация нараства плътността на синкопните форми и дисонансните хармонични интервали и акорди, освобождаващи така step by step музикалното съдържание, форма и ритъм в нотния текст от фиг. 1А от символичната намеса на Съдбата в живота на хората. Подобни отклонения имат за съответствие промени в първоначалната подреденост на атомите в кристалната решетка на избрания материал. Това дава основание последователните промени в нотния текст на вариациите и в структурата на кристалната решетка да бъдат разглеждани паралелно.



даващи така step by step музикалното съдържание, форма и ритъм в нотния текст от фиг. 1А от символичната намеса на Съдбата в живота на хората. Подобни отклонения имат за съответствие промени в първоначалната подреденост на атомите в кристалната решетка на избрания материал. Това дава основание последователните промени в нотния текст на вариациите и в структурата на кристалната решетка да бъдат разглеждани паралелно.

## **2.3. Първа вариация – слаба деформация на решетката**

В музикалния текст на първа вариация, представен на фиг. 2А, ударите на Съдбата продължават да звучат, но „широко и разпевно“, каквото е предводът на наименованието Й Кантанела. Подобно звучене е постигнато чрез въвеждане на синкопни форми в първи-втори и седми-осми тактове, както и чрез дисонансни акорди в четвъртия, седмия и осмия такт.

В паралелно разглеждания случай на нагряване на кристалната решетка на материала до 600 K, показана в условен вид на фиг. 2Б, топлинната енергия на електроните (1) достига стойността:

$$E \approx 52 \text{ meV},$$

която изразява нарасналото действие на фононите, подлагащо на възможни промени конструкцията на атомната решетка. Вижда се, че в резултат се изменят както ъглите между ребрата на решетката, така и тяхната дължина. Тъй като обаче като цяло периодичността в разположението на атомите се съхранява, състоянието на материала може да се определи като „стъклообразно“.

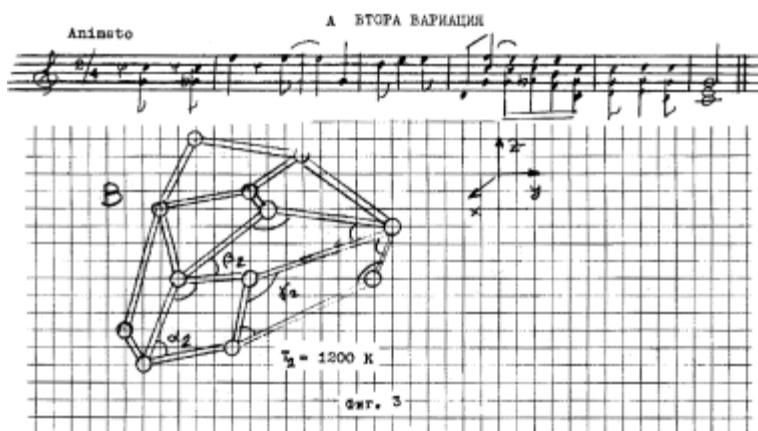
Общ признак на разглежданите обекти (музикалният фрагмент и обекта от атомната решетка) е увеличеното им структурно отклонение от първоначалното състояние, постигнато както следва:

- чрез въвеждане на нови изразни музикални средства в първа вариация;
- чрез удължаване на атомните ребра и промяна на тяхното пространствено положение в решетката, наподобяващо стъклообразно състояние.

#### **2.4. Втора вариация – силно деформирана решетка**

Музикалната вариация от фиг. 3А е озаглавена *Анимато* (оживено, възторжено), тъй като установява следните нови елементи, несъществуващи в основната тема и първата вариация:

- въведени са повече дисонансни хармонични интервали;
- няма синкопи само в първите два и последните два такта;
- арматурата от трите бемола е отстранена.



Ударите на Съдбата остават да се чуват само във втория и четвъртия такт, след което загълхват: от тук нататък предопределеността на Съдбата няма да властва над Живота!

За атомната решетка едно повишаване на температурата до 1200 K съответства на топлинна енергия на електроните  $E \approx 0.104 \text{ eV}$  съгласно (1) и има за резултат структура от вида на показаната на фиг. 3Б. Това е типична аморфна структура, характеризирана от следните белези:

- най-силна деформираност на атомната решетка по отношение на пър-

воначалната от фиг. 1Б до степен на „периодична структура с променлив период“, например дълчините на ребрата и ъгловото им отстояние едно от друго са напълно различни;

– поради все още съществуващите ковалентни връзки, положението на атомите е фиксирано и слабо се променя във времето.

### **a. Трета вариация – пълно разтапяне на кристала**

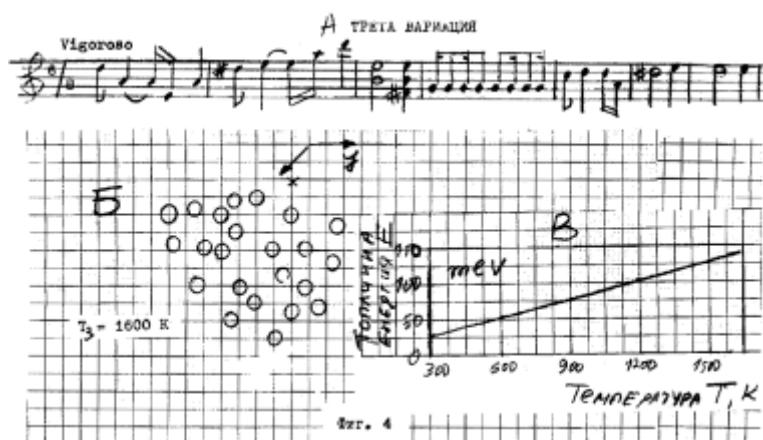
Музикалният текст на тази импровизация, наименована Вигорозо (силно, мощно) е представен на фиг. 4А: изявява се музикалната тема за тържество на човешкия живот над фаталността на Съдбата. Подобни чувства се демонстрират на първо място с новата тактова ритмика „шест осми“ и пълната липса на арматурни знаци в сравнение с предшестващите музикални текстове от фиг. 1А до фиг. 3А. На второ място вариацията Вигорозо е завладяна изцяло от дисонансни и синкопни форми, индуциращи бодро и оптимистично настроение в джазовия стил Фюжън.

При температура  $T = 1600$  K около тази на топенето, съответстваща на най-високи стойности на топлинната енергия на електроните:

$$E \approx 0.138 \text{ eV}$$

атомите на материала вече не са в състояние дори да бъдат в близост до предишните възли на решетката. Това означава много силно отслабени ковалентни връзки. В резултат атомите на стопилката се движат квазисвободно в слоести (пластови) молекулни структури. На фиг. 4Б това условно е показано чрез двумерна (x,y) координатна система. Както показват обаче рентгеноструктурни изследвания (например [3]), атомите от стопилката не се разполагат нито равномерно, нито напълно хаотично в стопилката, а се оказват в локални области с максимиуми и минимуми в плътността на тяхното разпределение.

От термодинамична гледна точка появата на стопилка се съпровожда от силно погълдане на топлина и се характеризира с минимална стойност на свободната енергия  $F$  в уравнение (2).



## *b. Две забележки*

А. Макар в отделни случаи да съществуват сполучливи теоретични модели, описващи топенето на някои химични вещества, общата теория на стопилките и разтворите все още няма. Една от причините за това са трудностите при отчитане на влиянието на граничните ефекти при интерфейса Течност-Пара.

Б. За осъществяване на прехода от кристално в течно състояние като източници на топлина могат да бъдат използвани нагреватели от Джайлсов тип, високочестотни електрични полета, електронни лъчи, лазери и др.

## *2.5. Ентропията като мярка за сравнение*

Тъй като ентропията  $S$  в уравнение (2) нараства, когато хаосът в една система се увеличава, то тя може да послужи за оценка не само на настъпилите различия в положението на атомите в кристалната решетка при нагряване, но и в музикалния текст на всяка последователна вариация по отношение на класическия текст на Симфонията. По-точно, величината  $S$  може да бъде привлечена като мярка за степента на отклоненията:

- в позициите на атомите на твърдотелния материал при всяко следващо повишаване на топлинната енергия на електроните, както е показано на графиката на фиг. 4В в сравнение с кристалното състояние от фиг. 1Б;
- в музикалния текст на всяка следваща вариация, както е показано на фиг. 2А до фиг. 4А по отношение на първоначалния класически музикален текст от фиг. 1А.

В обратен порядък, специфичността на всяка джазова импровизация може да бъде оценявана (макар и само качествено) чрез една величина, наречена тук условно „музикална ентропия“: стрелата на времето е насочена към увеличаване на музикалната ентропия – от положение на пълна липса на дисонансни интервали и синкопни форми в музикалния текст, до възможно най-голямо увеличаване на тяхната плътност в него. Следователно, при системата от атоми на кристала и при системата от ноти на вариациите се установява съответствие при прехода „классическо подреждане“-„свободно състояние“. Това позволява подобно на физическата ентропия и музикалната ентропия да може да се представя например в аналитична, таблична или графична форма т.е. да се визуализира като величина. Резултатът напомня в известна степен познатата възможност за „оцветяване на музиката“: високите музикални тонове да се оцветяват в спектъра на сините цветове, а ниските – в спектъра на червените.

## **3. ДЖАЗ И ОБЩЕСТВО**

Джазовата музика като явление се появява през първата половина на 20-

ти век, след като е предшествана от преноса на фолклорни ритми от Африка в Америка през целия 19-и век. Това е музика, която има не по-малко поклонници отколкото симфоничната, оперната, народната и поп-музиката. Ето как например е бил посрещнат Луис Армстронг през далечната следвоенна година 1949 в Стокхолм от емоционално студените скандинавци [4]: „*Три хиляди души опъват до крайност защитните огради на летището, а много други са спрени от полицията пред входа. По пътя към града ги придружава парад, дълъг почти една миля – автомобили, велосипеди и други превозни средства, включително и пищна платформа с джаз бенд. Процесията шумно пристига в парка на града, където още 40 000 души, предимно младежи чакат да поздравят Луис*“.

Много други интересни факти и случки около джазовата музика в световни и наши мащаби могат да се намерят в книгата на насконо починаяния български джазмен Людмил Георгиев [5]. Милчо Левиев е най-известният наш композитор, изпълнител и университетски професор в областта на джазовата музика – носител на десетки награди и отличия от целия свят (макар и с американски паспорт от 1971 г.). Ето един малко известен весел епизод от неговата разнообразна дейност в различни музикални жанрове, чут от автора при едно от гостуванията му през 70-те години в София.

Когато в Лос Анжелис се подготвяло издаването на дългосвиреща грамофонна плоча с джазирани български народни песни, продуцентът от американска страна така и не успял да разбере, какво означава едно от заглавията „Полегнала Тодора“: той знал, че една жена може или само „да лежи“ или само „да стои“ и затова питал няколко пъти Милчо, какви са тези българки, които „хем лежат, хем стоят, хем пеят“.

Ето обаче и друго мнение за джазовата музика. Публикувал го е през съветско време авторът на световния литературен шедьовър „На дъното“ Максим Горки, изпрашайки на дъното (в буквения смисъл на думата) изпълнението на един джазов оркестър „...пищене, грохот, вой, рев, трясък: втурват се нечовешки гласове, напомнящи конско цвилене, раздава се грухтене на медна свиня, рев на магарета, любовно квакане на огромна жаба... нечовешки бас реве на английски, оглушава го никаква дивашка тръба (напомняща рева на загубена камила), буити барабан, пищи гадна свирка (раздирали ушиите), кряка и гъгниво дърдори саксофон“ [6].

Като свежда въздействието на джазовата музика до едно чисто физиологично възприятие на посетител на зоологическа градина, Максим Горки навсякъвно е бил напълно искрен в тази си силно патетична реакция от чутото, макар и да може да се допусне известно лицемерие от негова страна (предвид че споменатото преживяване е от Съединените щати, а не от Съветския съюз). Не това обаче е вредно или опасно за обществото! Страшното е за

съжаление, когато публикуваната лична оценка на Максим Горки през 30-те години на миналия век многократно се използва по-късно за забрана в Съветския съюз на всички изпълнения на джазова музика и погром на нейните изпълнители – нещо, което по същото време се повтаря и у нас и се изразява че с арести, изселвания без присъди и дори каторжна работа в Белене, Куциан и Ловеч.

Една от любопитните превратности е, че макар да са познати стотици аранжименти и изпълнения на прочутата джазова пиеса на Рей Чарлс „Джорджия“, най-доброто нейно музициране в стил „Фюжън“ е на руската певица Лариса Колина с Биг бенд на руснака Бутман.

Да се върнем обаче към първоначалния повод за подобни емоционални бележки – личните възприятия на Горки от музиката на един джаз-бенд, прети за откровени! Защото предвид силно индивидуалните преживявания от въздействието на музиката, авторът също е в правото си да твърди, че чрез нотните текстови на фиг. 2А до фиг. 4А „слуша“ завладяващ въображението джаз, а чрез разграждащата се атомна система (фиг. 2Б до фиг. 4Б) той го и „вижда“ като апотеоз на руините на един кристал и на разпадането на една класическа музикална тема. Възхитително наслаждение: дори и без собствена форма разтопената маса на кристала е носител на своя красота, така както последната импровизация без мелодията на Съдбата има специфично музикално звучене!

### **4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Вижда се, че представата за един напълно абстрактен процес, какъвто е възприемането на джазова музика, може да бъде допълнена с друга чисто физическа представа – за процесите на разтапяне на кристали под въздействието на топлина. Подобен физически модел на музикален контакт с първоизточника предлага нови форми за визуализация и интерпретация на джазови импровизации и улеснява достъпа до прекрасното!

### **Литература**

1. Н. Велчев, Научен живот № 1, 13, 1978.
2. Н. Велчев, Наука 711, 3-4, 38, 1997.
3. С. Йорданов, Физика за инженери, 3-ти том, Пловдив, 1999.
4. М. Джонс и Д. Чилтън, Луис Армстронг, Музика, С., 1983.
5. Л. Георгиев, История в синкопи, изд. къща „Ив. Вазов“, С., 2000.
6. М. Горки, Събрани съчинения 1-36, С., 1946-53.

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**

---

**ПРОГРАМА  
ЗА ЧЕСТВАНЕ НА ГОДИНАТА НА ФИЗИКАТА – 2005**

**1. Инициативи на национално ниво:**

- Подготовка и участие на учениците в Националните състезания по физика (пролетно и есенно състезание);
- Подготовка и участие на отборите в олимпиадите по физика и астрономия;
- Организиране и провеждане на национален подборен кръг от международния „Турнир на младите физици“;
- Организиране и провеждане на Националната младежка астрономическа конференция;
- Националната конференция по информационните технологии в обучението по физика и астрономия;
- Националните конференции по проблемите на обучението по физика.
- Младежка сесия „Физиката – минало, настоящо и бъдеще“.

**2. Участие в международната програма „Таланти 2005“**

**3. Участие в европейската образователна програма „Наука на сцената“**

**4. Изложби:**

- В училище – рисунки и фотографии на тема физика;
- Интересни изработени физически макети и др.;
- Пътуваща ученическа изложба от физични демонстрации „Забавлявайки се с физика“;
- Пътуваща ученическа изложба „Училищна обсерватория“.

**5. Фестивали-празници на физиката и астрономията: училищни, общински, регионални**

**6. Национален фестивал на физиката**

**7. Разработка и реализиране на Национална образователна програма по физика в Интернет „Физиката в моя град – минало, настояще и бъдеще“**

**8. Поддръжка на активните образователни физични уеб-страници:  
„Физика в училище“ и „Физична лаборатория“**

# **ПРОГРАМИ НА КЛОНОВЕТЕ НА СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ, ПОСВЕТЕНИ НА СВЕТОВНАТА ГОДИНА НА ФИЗИКАТА – 2005**

## **КЛОН ПЛОВДИВ**

### **I. ОРГАНИЗАЦИОННИ МЕРОПРИЯТИЯ**

1. Организиране на среща с учители от града и окръга за популяризиране на СГФ-2005.
2. Организиране на среща с ръководителите на катедри по физика в Пловдив във връзка с подготовката на СГФ-2005
3. Среща с кмета на града за попечителство на организацията на СГФ-2005
4. Организиране на срещи с ръководства на гражданско обединения и творчески съюзи за съвместни мероприятия през СГФ-2005.
5. Да се следи информацията за честването на СГФ в България и по света на съответните Уеб-сайтове.
6. Осъществяване на връзка с представители на мас-медиите за запознаване с програмата за СГФ-2005.

### **II. ПРОЯВИ С УЧЕНИЦИ И СТУДЕНТИ**

1. Да се обяви конкурс за научни разкази, есета, реферати, художествени произведения, посветени на физиката.
2. През Годината на физиката във всички учебни заведения и звена на физиката да се организират дни, вечери, празници и др. прояви.
3. Във всички училища и катедри да се изготвят табла или кътове, посветени на физиката.
4. Със съдействието на Общината да се проведе градско тържество-състезание „Физика на площада“.
5. В Пловдивския университет да се организира студентска научна конференция „Айнщайнада“
6. Да се организира посещение на изложбата „Физиката като културно наследство“ в София.
7. Ежегодните състезания, олимпиади, конференции да се организират под знака на СГФ-05.
8. Да се организира ученическо състезание на тема „История на физиката в гр. Пловдив“

### **III. МЕРОПРИЯТИЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛИ ОТ СРЕДНИТЕ И ВИСШИ УЧИЛИЩА**

1. Да се организира целогодишна лектория с учителите „Върхови постижения на физиката в началото на ХХI век.“
2. Организиране на срещи с изтъкнати български физици.
3. Организиране на творчески срещи:

- а) „Постиженията на пловдивските физици“;
- б) „Успехи на пловдивските учители и ученици във физиката“
4. Организиране на Национална научна конференция „Разпространение и развитие на физическите науки в България“
5. Да се осигури активно участие на всички университетски преподаватели по физика в училищните мероприятия и изявите пред обществеността.
6. Да се направят опити за организиране на екскурзии до съседни страни с участието на изявени преподаватели по физика.
7. Ежегодните състезания, олимпиади, конференции да се организират под знака на Световната Година на Физиката;
8. Да се организира ученическо състезание на тема „Историята на физиката в Пловдив“.

#### ***IV. ПРОЯВИ ПРЕД ГРАЖДАНСТВОТО***

1. Да се подготвят материали, посветени на историята и постиженията на физиката;
2. Да се осъществят радио- и телевизионни предавания за Световната Година на Физиката – 2005;
3. Да се издейства публикуването на серия материали за физиката във вестник „Марица“;
4. Съвместно с Народна библиотека „Иван Вазов“ да се организира изложба, посветена на физиката;
5. Да се подготви специален брой на вестник „Пловдивски университет“, посветен на физиката;
6. Съвместно с НТС да се организира изложба, посветена на постиженията на Пловдивските физици.

#### **КЛОН ВАРНА**

1. Създаване на Местен организационен комитет
2. Сключване на договорености с местните медии за популяризиране на инициативите, предвидени в Националната и местна програми
3. Инициативи на регионално ниво:
  - 3.1. Анонсиране на световната година на физиката по време на активната фаза на Европейската образователна програма „Пасаж на Венера“ на 8 юни 2004 год.
  - 3.2. Коледен ученически физико-астрономически бал
  - 3.3. Изложби:
    - в училище – рисунки и фотографии на тема: Физика;
    - на интересни изработени физически макети и др.;
    - В Музея на Възраждането – на стари книги по физика;
    - Пътуваща ученическа изложба от физични демонстрации;
    - Пътуваща ученическа изложба „Училищна обсерватория“

- 3.4. Лектория за граждани, ученици, студенти, изнесени от преподавателите от катедра Физика на ТУ на ВМЕИ и МИ-Варна.
4. Фестивали-празници на физиката и астрономията: училищни, общински, регионални.
  5. Разработка и реализиране на Национална образователна програма по физика в Интернет „Физиката в моя град – минало, настояще и бъдеще“.
  6. Честване на световния ден на физиката с традиционен тържествен бал на физиците
  7. Честване на Дения на авиацията и космонавтиката.
  8. Възстановяване на паметната плоча на академик Христов във Варна.
  9. Организиране и провеждане на пътуващи семинари с учители по физика и астрономия, съвместно с Община-Варна, СУ и НТС до: НАО-Рожен и до Гренобъл (Европейския Фестивал „Науката на сцената 2005“).
  10. Поддръжка на активните образователни физични уеб-страници: „Физика в училище“, „Физична лаборатория“, „СФБ-Варна“.
  11. Участие в националните инициативи:
    - Подготовка и участие на учениците в Националните състезания по физика(пролетно и есенно състезание)
    - Подготовка и участие на отборите в олимпиадите по физика и астрономия
    - Организиране и провеждане на Националната младежка астрономическа конференция
    - Участие в Националната конференция по информационните технологии в обучението по физика и астрономия
    - Участие в Националните конференции по физика

## **КЛОН СИЛИСТРА**

### **I. ЗА ПОПУЛЯРИЗИРАНЕ НА СГФ**

1. Медийни изяви.
  - всеки месец във в-к „Успех“ – статии посветени на велики физици
  - пресконференция с местни медии – месец септември 2004г
  - предавания съвместно с кабелна телевизия Силистра
  - изработване и разпространение реклами материали
2. Транспирант
3. Календар за 2005г
4. Плакати
5. Фланелки, сувенири и др.
6. Първодневен плик – съвместно с филателно дружество

### **II. ИЗЛОЖБИ**

1. От национален политехнически музей.
2. От ученически рисунки под надслов „Физиката през вековете“ или „Физиката през последния век“, „Физиката прозорец към света“.

3. От стари и нови учебници – съвместно с градска библиотека.
4. От физични уреди – съвместно с РУ – физичен факултет.
5. Физиката скрита в детските играчки.
6. От астрофотографии.
7. Изложби на биографични табла за известни физици и нобелови лауреати за физика.

### **III. ЛЕКЦИИ**

1. От местни университетски преподаватели – за ученици.
2. От външни лектори – гостуващи учители.
3. Ученически дискусии – на тема по избор свързани със СГФ.

### **IV. ТЕАТРАЛНИ ПОСТАНОВКИ**

1. Силистренски професионален театър „Сава Доброплодни“ – „Физици“ от Дюерман, Фридрих.
2. Ученически самодейни.

### **V. ПРАЗНИЦИ НА ФИЗИКАТА 2005**

1. Седмица на физиката – училищен празник.
2. Общински празник.
3. Областен – заключителен етап.
4. Празник посветен на жените във физиката и Номинации за силистренска жена физичка – 08.03.2005 г.

### **КЛОН ЯМБОЛ**

1. Организиране на регионален семинар „Съвременни аспекти в обучението по физика“
2. Конкурс за литературно произведение и рисунки на тема: „Физика, Космос и още нещо...“
3. „Физичните демонстрации във времето“ – изложение на ретро и съвременни физични постановки и уреди
4. Фотографска изложба
5. „Да бъдем по – различни“ – забавна вечер на физиката
6. Лектория „Айнщайн и 21 век“
7. Посещение на геомагнитната обсерватория в Панагюрище.
8. Космически филмов маратон – прожекции на научно-популярни физични, астрономически и космически филми
9. „И днес физиците продължават да...“ – състезание за пораснали ученици.
10. Национално състезание „Малките звездобойци“
11. „Време и пространство“ – трансгранични образователни семинари в Одрин и Ямбол.

## КОНГРЕС НА СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ

На 4.12.2004 г. се състоя Конгресът на физиците, организиран от Управителния съвет на СФБ, чийто мандат изтече. Като обществена организация с нестопанска цел СФБ се подчинява на строги юридически правила, залегнали в неговия устав и затова членовете на Управителния съвет положиха доста усилия свикването на Конгреса, предварителното обявяване на дневния ред и процедурите по гласуването и избора на ново ръководство да се осъществят точно според нормативните изисквания. Присъстващите делегати бяха надлежно регистрирани и им бяха осигурени конгресните документи, отчетния доклад в пълен вид и др.

Отчетният доклад бе представен на заседанието на Конгреса от акад. М. Матеев – председател на Управителния съвет на Съюза. След него участниците се запознаха с доклада на Централната контролна комисия, която ревизира внимателно финансовата документация на Съюза, без да установи съществени грешки и отклонения в документите. След направените изказвания по докладите и направените предложения за промяна на членския внос за Съюза, както и за включване на абонамента за сп. „Светът на физиката“ в рамките на задължителния членски внос (които не бяха приети), делегатите на Конгреса одобриха с гласуване двата доклада.

След почивката работата на Конгреса продължи с избор на почетни членове на Съюза. За такива бяха предложени колеги, които в продължение на десетилетия са работили всеотдайно и безвъзмездно за каузата на физичната гилдия. Предложените за почетни членове лица бяха избрани за такива с категорично мнозинство.

Докато се подготвяше процедурата за избор на нов Управителен съвет проф. Н. Тончев информира делегатите на конгреса за едно изключително важно за физиката събитие – Международната година на физиката 2005. В него СФБ ще участва както в международните инициативи, така и ще подготви колективни и индивидуални прояви на свои членове, с които да бъде отбелязана бележитата годишнина.

След гласуването за избор на нов УС, изборната комисия прецизно отчете подадените гласове за отделните кандидати и обяви категорично новия състав на Съвета.

**Проф. Л. Вацкевич**

## ОТЧЕТИ В КРАЯ НА МАНДАТА

На 27.11.2004 г. се състоя **отчетното събрание на Софийския клон на СФБ**, на което в доклада на председателя на Клона проф. Л. Вацкичев бяха описани в детайли реализираните инициативи от членовете на клона през изтичащия мандат на ръководството за времето от 2001 до 2004 г. Особено радващ е фактът, че в раздел „Обучение и квалификация“ за средното училище с включиха с интересни инициативи много софийски учители, които подготвиха участието на свои възпитаници за различните кръгове на олимпиадата по физика, за артистично участие в представления на Фестиваля на физиката, в конкурсите за защита на реферати, за изработка на ученически уреди в помощ на кабинета по физика и т.н. За най-добре представилите се на различните видове състезания бяха осигурени младежки секции в рамките на ежегодните конференции по въпроси на обучението по физика, с участие то си в които те можаха да споделят оригиналните си идеи и да подскажат на участниците в конференцията, че и те биха могли да изгответят с малко средства примерно ученически уреди, които да се използват безвъзмездно за физични демонстрации в училищните кабинети по физика.

Втората група инициативи, които ръководството на клона реализира, беше предназначена за студентите и младите учени от университетите и БАН. По традиция на Клона всеки м.януари от текущата година в станцията на БАН на Витоша се осъществява Декемврийски семинар за докторанти и млади учени от БАН. На срещата младите хора осъществяват контакти както помежду си, така и неколцината видни български учени, които също докладват пред семинара. Целта е младите хора да се научат как трябва да представлят пред публика научните си резултати, да сравнява своите постижения с тези на колегите си и да отстраняват най-често допусканите писмени грешки в своите изложения.

От важно значение за публичните представления на физиката с оглед повишаване на нейни авторитет са „Дните на физиката“, организирани от ФзФ на СУ и на Департамента по физика в ТУ. За щастие, физиците в нефизичните висши училища не се задоволяват само с тези прояви, а организират олимпиади по физика за студенти, на които идват участници от цяла България. Водени от любопитството към историята на българската физика, все повече ученици и студенти посещават Музея на физиката в БАН и специализирани изложби, подновявани периодично в Националния политехнически му-

зей, с който Софийският клон на СФБ поддържа от години традиционни връзки.

С голям ентузиазъм и нищожни средства колеги от раздела „Приложна физика“ в плана на Клона помагат за възстановяване на физична апаратура в училищните кабинети по физика, организират семинарите ФОЧОС и популяризират постиженията в приложната физика през 20 век. Не по малък ентузиазъм и упорити усилия изисква „Социалната и културна дейност“ на Клона, чрез която вече повече от 20 години Клонът събира помощи за деца-сираци от ПУ в гр. Роман и поддържа тесни контакти с тях и с ръководството на училището. През последните две години с усилията на физиците и задгранични помощни значително се подобри учебно-материалната база на училището и бяха въведени нови приложни специалности, осигуряващи професионална реализация на децата след завършването им.

Пропагандната дейност на Клона се осигурява от ентузиасти, които поставят материали за физиката не само в сп. „Светът на физиката“, но и в медиите. Но може би най-ярката публична представителност на физиката членовете на Клона постигат чрез традиционните срещи сред природата, празничните тържества по християнския календар и разбира се – на ежегодния Бал на физиците, на който идват да се видят и позабавляват физици от различни университетски випуски. Може би колеги от сродните специалности в природните науки ни завиждат „за нашия сплотен колектив“ – и защо ли не, след като с удовлетворение можем да кажем: „Физик – това звучи гордо!“.

**Проф. Л. Вацкевич**

**Посетете българската web-страница за  
Световната година на физиката – 2005  
на адрес:**

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

*Светът на физиката има удоволствието като тазгодишно „Четици с продължение“ да Ви представи няколко избрани глави от интригуващата книга на Ed Regis, Who Got Einstein's Office?, Addison-Wesley Publ. Comp., 1987. Редколегията на списанието благодари на акад. Ив. Тодоров за предоставяне на книгата.*

## **КОЙ НАСЛЕДИ КАБИНЕТА НА АЙНЩАЙН?**

### **Ексцентричност и гениалност в Института за авангардни изследвания Ед Риджис**

#### **Глава 1**

##### **Платоновите висини (Раят за теоретиците)**

Принстън, Ню Джързи, дълги години е тихо дореволюционно селце, известно предимно с Принстънската битка, в която Уошингтън и хората му помитат британците, и с университета си. Основан през 1685 г. от квакерите, които са привлечени от местните равнини, реки и гори, през 1783 г., по време на Втория континентален конгрес, Принстън е столица на Съединените щати в течение на 6 месеца. Преди това, през 1756 г., в Принстън се настанива Колежът на Ню Джързи, основан от превзетиранците в разгара на Великото пробуждане (*Great Awakening*), яростно възраждане на ортодоксалния калвинизъм. След като получава субсидия, колежът построява Насау Хол (*Nassau Hall*) – по онова време най-голямата сграда в колониите – и поканва сипещия огън и жупел проповедник Джонатан Едуардс да се настани в нея като президент на колежа.

Едуардс е теолог от Кънектикут, който проповядва доктрина на философския идеализъм



в предпочтания и утвърден през годините маниер на религиозните последователи на Платон след Бишоп Бъркли, вярата, че външният свят е само ... *една идея*. „Светът, т.е. материалната вселена, съществува само в мислите ни“, казва той, изпреварвайки с около 200 години учените от Принстън, които по свояму свеждат „материалния свят“ до система от мисловни абстракции.

Едуардс проповядва и странната калвинистка доктрина, която твърди, че макар Господ да е решил дълго преди раждането ти дали ще отидеш в рая или в ада, ти би могъл по някакъв начин – не е бил много ясен по въпроса какъв точно е този начин – сам да избереш къде да отидеш. Очевидно Господ бил решил Едуардс да не бъде президент на колежа в Ню Джързи, тъй като скоро след като полага клетва за този пост, той се заразява от едра шарка и умира. Много по-късно, през 1896 г., колежът се преименува в Принстънски университет, но едва през 1902 г., когато Удроу Уилсън става негов президент, университетът за пръв път е оглавен от мирянин.

През октомври 1933 г., практически в рамките на един ден, Принстън се превръща от град с мъжки колеж в световен център на физиката. В Института за авангардни изследвания [ИАИ] (*Institute for Advanced Study*) пристига Алберт Айнщайн.

Институтът е трябвало да бъде изследователски център от нов тип, без студенти, преподаватели и групи. Най-големите учени от цял свят са щели да се събират там и да се занимават с научни изследвания, но без достъп до лаборатории, машини и апаратура за провеждане на експерименти. Това е твърде смело като замисъл и намерение. Още със създаването си ИАИ е замислен като разсадник за чисто теоретични изследвания, нещо, с което Джонатан Едуардс със сигурност би се съгласил, тъй като той не е прихванал едрата шарка от човек, а от ваксината, която се съгласил да изпробва. Ваксинирането по онова време е било в експериментален стадий и Едуардс искал да демонстрира доверието си в чудесата на модерната наука. Затова доброволно се подлага на ваксиниране, заразява се и умира.

Днес работата в ИАИ е посветена на теорията в същата степен, както и в началото, макар че липсата на фигури като Айнщайн и Гъдел сред сътрудниците му принизява донякъде неговия някогашен статут. Институтът е разположен в края на града, но често граждани, които са прекарали целия си живот в Принстън, не могат да ви кажат къде се намира той или как се стига до него. Питате хора от университета, който си намира през няколко сгради, откъде да минете за Института за авангардни изследвания, а те ви казват, че никога не са чували за такъв. „Институт за какво?“ Те могат да ви насочат към Принстънската духовна семинария или към голф-клуба Спрингдейл, но не и към ИАИ. Както казва Хомър Томпсън, работил в Института в продължение на 40 години, „Институтът е по-известен в Европа, отколкото в Принстън“.

Трудно могат да бъдат обвинявани хората за своето незнание, тъй като

ИАИ е едно от онези места, които трудно могат да бъдат класифицирани по външния им вид. Разположен в една квадратна миля открита местност с гористи пространства по протежение на Стария път (*Olden Lane*) на юг от Принстън, той би могъл да бъде и колеж, и подготвително училище, но в този район никога не се мяркат ученици, което изключва възможността да е нещо такова. Започвате да се чудите. Санаториум ли е? Сиропиталище ли е? А дали не е старчески дом?

Главната сграда, Фулд Хол (*Fuld Hall*), е от червени тухли, в онзи Джорджиански стил [1], който можете да срещнете в кампуса на всеки колеж. В нея са кабинетите на учените и офисите на администрацията, математическата библиотека и общите помещения, в които се сервира чай със сладки всеки делничен ден в 3 часа след обяд. Има и няколко други по-малки постройки около Фулд Хол, в същия колежански стил, също със служебни помещения. Но малко встрани е разположен комплекс къщи от бетон и стъкло, които нарушават традиционната картина. В тях са столовата на Института, кабинетите по социални науки и библиотеката с книги по история. Зад библиотеката има малко езеро, а зад него е гората.

Когато идва в ИВИ, през 40-те години на 20-и век, Фрийман Дайсън с куп приятели отначало се забавлява да кара из гората един стар Додж със смъкнат гюрук. В днешни дни в гората се движат единствено пешеходци, любители на джогинга и ловци на елени. Проблемът с елените е толкова тежък, че Алън Роу, един от заместник-директорите, всяка година разпространява меморандум, припомнящ институтската „Програма за регулиране броя на елените“. „За да се намали броят на елените в институтската гора до разумно и приемливо равнище“, се казва в меморандума, стадото ще бъда „разреждано“ от малка група ловци, експерти по стрелба с лък. Всеки път, когато се появява меморандумът, някои от младшите сътрудници започват да замислят някаква форма на протест, но от това никога нищо не се е получавало. Те само избягват известно време да ходят в гората. Не е в добрия тон на Института да се върнеш от разходка с глава, пронизана от стрела.

Робърт Опънхаймър, директор на това място в продължение на почти 20 години, обикновено описва Института като „интелектуален хотел“, убежище, в което учените могат да се възстановяват произволно дълго време и да предоставят на други грижите за собствените си всекидневни потребности. Обикновено престоят е една или две години. От около 200 души, намиращи се тук във всеки един момент, повечето са млади учени на краткосрочен договор. Институтът за авангардни изследвания е разделен на 4 сектора: Математика, Естествени науки, История и Обществени науки. Повечето сътрудници са математици и физици. Най-малкият сектор, Обществени науки, наброява около 20 учени.

За да бъдеш приет в този елитен приятелски кръг, трябва да минеш през

шпалира от снабдени с пръчки богоизбрани и да останеш жив – изборна процедура, която успяват да преодолеят само изключително надарените. Ако сте един от щастливците, получавате стипендия, кабинет и персонален апартамент в жилищния комплекс – колекция от сгради, в стил леко напомнящ Bauhaus [2], проектирани от архитекта Марсел Бреер. От момента на пристигането ви до деня на заминаването Институтът ви осигурява закуска и обяд пет дена в седмицата, както и вечеря в сряда и петък. Никога не е имало оплаквания по което и да било от тези условия. Истината е, че, макар и рядко, можете да дочуете някой да мърмори по повод обзвеждането. „Столовете в апартаментите бяха ужасно неудобни“, спомня си един бивш сътрудник. „Столът зад бюрото беше добър. Човек дори може да остане с впечатление, че съществува заговор да ви подтикват да работите непрекъснато.“

Освен това съществува проблемът с леглата. Не че са неудобни, а само дето всички те са единични, няма нито едно двойно легло в околността ... освен, може би, в Старинната къща (*Olden Manor*), където живее директорът с жена си. По-младите двойки смятат, че това е доста забавно. „Или са закупили всички тези легла при някоя наистина мащабна разпродажба“, казва един от учените, „или искат просто да не мислим за нищо друго, освен за работата си“.

Като се изключат спалните неудобства, за дървените философи, както ги наричат, Институтът е направо върховно блаженство. Временните сътрудници и далеч по-малката група на постоянните професори – има около 25 такива – работят върху собствени проекти с темпото, което им харесва, не носят никаква отговорност и не са задължени да се отчитат пред когото и да било. В края на престоя им те дори не са длъжни да пишат отчет за това какво са свършили, ако изобщо са свършили нещо. Просто си събират багажа и напускат своята интелектуална райска градина, за да се върнат в жестокия свят, от който са дошли.

Както вероятно подобава на една съвременна утопия, професорите в Института, които са назначени на щат, получават еднакво възнаграждение, възлизашо днес на около 90 000 долара годишно, число, което кара аутсайдерите да наричат това място „Институт за авангардни заплати“. Работният бюджет на ИАИ надхвърля 10 miliona долара годишно, които той изразходва за сметка на наследството, оценявано понастоящем на над 100 miliona долара, и от приходите, които получава от инвестициите си. Инвестициите носят различен доход, но напоследък той е около 17 % годишно. През 1984/5 г. достигна дори 26,9 %. За разлика от други утопии, създавани от идеалистите във всички времена, тази няма проблем с парите.

Институтът за авангардни изследвания е основан през 1930 г. от Луис Бамбергер и сестра му Карълайн Бамбергер Фулд, които дават парите, и от

Ейбрахам Флекснър, който планира и организира всичко това. Но истинският баща на Института, интелектуалният родоначалник и бдящото ръководещо духовно начало е древният гръцки философ Платон. Именно Платон преди много време създава първата в света институция за нещо като следдипломна квалификация, наречена Академия и разположена в покрайнините на Атина. Там се събирили стипендианти и всевъзможни изследователи и теоретици, за да проумеят устройството на света, да се опитат да обхванат в единна интелектуална конструкция общата схема на всички неща. На Платон се дължи първото едромашабно систематично усилие за поетизиране на явленията, за свеждане на цялата видима вселена до ограничен брой абстрактни представи и принципи. Институтът за авангардни изследвания се вписва идеално в модела на Платон, но това е едва първото от основанията той да е истинският баща на ИАИ.

Следващата стъпка ще направим, като осъзнаем, че за Платон истинските обекти на познанието не са променливите и преходни величини, които можем да видим и пипнем, а нещо съвсем различно, неща, които Платон е смятал в крайна сметка за по-реални, неща, които той нарича „Форми“. Оглежда се Платон наоколо, гледа Слънцето, гледа Луната и звездите, вижда водопадите, растенията и животните, и установява, че всички тези физически обекти изобщо на са Истинската Реалност. Истинската Реалност е изцяло в едно друго измерение, което той назовава Свет на Формите. Светът на Формите е невидим за сетивата, поради което човек може да се изкуши да го разглежда като свят на сенките, като мрачна призрачна страна, но самият Платон никога не си го е представлял така. За него той е ярък и светещ като слънце по пладне. И в края на краишата именно от Света на Формите идват всички онези физически обекти. Той е Началото, Източникът на всички неща.

Според Платон основната разлика между Формите и обичайно срещаните във всекидневието ни обекти е, че докато последните се променят и разрушават, Формите са идеални, непроменими и вечни. Понеже са неизменни, Формите са по-реални от „реалните“ неща, но тъй като се намират в свое отделно измерение, вие не можете да ги видите или да гиоловите с помощта на сетивата си. Би било твърде просто. За да познаете Формите, трябва да направите нещо много по-трудно: трябва да си затворите очите, да се съсредоточите в себе си и да мислите. Трябва да повтаряте това безброй пъти, което и обяснява защо обикновеният човек знае за Формите твърде малко или направо нищо.

Учените от Института за авангардни изследвания, можете да сте сигурни, не вярват в нито един буквален вариант на Платоновите Форми, но те наистина изследват обекти, които са далеч отвъд сетивния опит и които стават понятни единствено чрез мисълта. Например математиците в Института

рядко се вълнуват, ако изобщо го правят, от осезаемите неща във Вселената. Тъкмо обратното, те изучават абстрактни и идеализирани математически обекти, величини, които не съществуват никъде по света. Никъде в реалния свят няма да откриете окръжност, макар да има твърде много неща, които са поне приблизително кръгли. За един математик абстрактната геометрична окръжност е далеч по-„реална“ от който и да е почти кръгъл обект. Колелото на колата ви мени формата си непрекъснато и губи постоянно гума от повърхностния си слой, а математическата окръжност е идеално кръгла винаги и завинаги.

Не само математиците в ИАИ живеят и работят сред неосезаеми величини. Такова е положението и с физиците и астрономите. Нито един обект на земята не трае достатъчно дълго – дори планинските вериги излиняват за някакви си милиони години – нали животът на звездите и галактиките се измерва с милиарди. Животът на някои от елементарните частици в природата, например на протоните и електроните, на практика е безкраен, което прави тези невидими същности по-близки до Платоновите Форми, отколкото до каквото и да било друго.

Казано по друг начин, учените в Института за авангардни изследвания не газят в калта и не си заравят носовете в природните нечистотии. Геолози, биологи и сърдечни хирурги нямат място тук: тези хора имат маръсни ръце и няма да бъдат приети в тази дружина от чисти и горди теоретици. Учените в Института са накацали върху покрива на природата и от там съзързват недоловими обекти в най-отдалечените кътчета на сътворението. Те не създават продукт и не експериментират. Всичко, което трябва да правят в живота, е само и единствено *да разбират*.

„Работя в областта на небесната механика“, веднъж каза математикът в ИАИ Марстън Морс, „но не се интересувам от пътуване до Луната.“

Макар и място с такива претенции към безпътното, Институтът е създаден върху основи, които трудно могат да бъдат по-материални, където още се чува дрънченето на касови аппарати и звънът на монети. Той дължи съществуването си на Универсалния магазин в Ню Джързи с името Бамбергерс, който през 1929 г. има 35 мил. долара печалба от търговия върху един милион квадратни фута търговска площ и това го прави четвъртия най-голям магазин за търговия на дребно в страната.

За късмет на света на теоретичната наука собствениците на магазина Луис Бамбергер и сестра му Каролин Бамбергер Фулд, продават бизнеса си през 1929 г., точно преди срива на стоковата борса. Те сключват договор с дружеството R. H. Мейси за прехвърляне собствеността върху магазина срещу пари в брой и ценни книжа на стойност 25 miliona долара. Бамбергер

получават парите си в началото на септември, около шест седмици преди Черния Четвъртък. След като дава половината от приходите на сестра си, Бамбергер разпределя един милион долара от своята част между бившите си служители.

Този жест е само началото на едно гигантско дарителство. Бамбергер и Фулд са искрени филантропи и смятат, че след като тези пари идват от добриите граждани на Ню Джързи, които всекидневно са пазарували в техния магазин, справедливо е те да бъдат възнаградени за това. Двамата решават да осигурят издръжката на някаква голяма обществена институция, такава, която би била полезна за всички жители на Ню Джързи. Имат предвид колеж по стоматология или медицина, който мислят да създадат в имението си Саут Ориндж (*South Orange*), но проблемът е там, че никой от тях не знае каквото и да било за медицинските колежи, освен че в тях се преподава медицина. Но скоро откриват името на човека, който вероятно знае повече за медицинските колежи от който и да било друг в света. Този човек е Ейбрахам Флекснър.

Флекснър е безкомпромисният съдник на американското висше образование. Основната му мисия в живота е да подобри системата на американските колежи и основната му гордост е „Докладът на Флекснър“, едно разобличение на шарлатанството и измамата в националните медицински учебни заведения. По-късно, като администратор на фондацията, Флекснър е персонално отговорен за това, че измъква от портфейлите на американските филантропи над 600 милиона долара и след това щедро ги раздава на колежите, които според него най-добре ще ги оползотворят.

С паричните въпроси, както и с всичко останало, Флекснър се отнася с непоколебима честност. Той се е издигнал без чужда помощ и знае колко е ценно човек да се придържа към принципите си, а познава и стойността на парите. Роден през 1866 г. в Луисвил, Кентъки, Ейб е шестото от девет деца, отгледани от Моритц и Естер Флекснър, преселили се в Щатите в средата на 19-ти век. Моритц започва работа като амбулантен търговец, като по-късно успява да установи контрол върху търговията с шапки на едро. Така той издържа семейството си в продължение на много години, докато Голямата Паника през 1876 г. не съсипва бизнеса му.

В онези дни образоването в южните щати е от слабо до никакво и малкият Ейб е записан в типично изостанало основно училище. През повечето време няма домашни упражнения, така че ходи по своя инициатива в библиотеката и чете. Попада и на класиците: Дикенс, Шекспир, Торо, Хоторн. По-късно, като юноша, си намира работа в частна книжарница, което му позволява да отделя много време за четене и може да слуша разговорите между членовете на малки групи местни хора, които се срещат там веднъж седмично.

но, за да обсъждат текущите събития. До този момент Ейб е самоук. Това обаче се променя, когато постъпва в колежа Джон Хопкинс.

„Решителният момент в живота ми“, казва по-късно Флекснър, „настъпи през 1884 г., когато, на 17-годишна възраст, бях изпратен от моя най-голям брат Джейкъб в Университета Джон Хопкинс. Този избор определи цялото ми по-нататъшно развитие“.

Хопкинс току що е отворил врати и Ейб е свидетел на развитието му от нулата, от първоначалните му две облицовани с дъски префасонирани сгради на Хауард стрийт в Балтимор, до последния му дом в прекрасен, подобен на парк, кампус в центъра на града. Хопкинс е моделът, по който по-късно Флекснър построява Института за авангардни изследвания.

Университетът Джон Хопкинс носи името на богат търговец от Балтимор, съгласно чието завещание, след смъртта му, през 1873 г., практически цялото му богатство от 7 млн. долара се дава за създаване на институция, която е трябвало да бъде наполовина университет и наполовина болница. Съществуващите по онова време колежи – Харвард, Йейл, Кълъмбия и др. – предлагат само посредствено образование, нямащо нищо общо със сегашните им програми за висше образование, така че, когато Хопкинс отваря врати през 1876 г., Америка за пръв път вижда висше училище в съвременния смисъл на това понятие.

В представите на Флекснър Джон Хопкинс е всичко, което е добро, правилно и истинско във висшето образование и първият президент на Университета, Даниъл Коит Гилман, е идолът на Флекснър. За да стартира Университетът, Гилман издирва из цяла Европа първокласни преподаватели, но не търси хора само на тебешира и гъбата, т.е. даскали. На него му трябват инициативни личности и добри изследователи. „Той знаеше, че има хора, които са били най-добрите учители, без въобще да са преподавали“, казва Флекснър за Гилман. *Най-добрите учители, без въобще да са преподавали.* Идеята е, че истинските гени, хора като Дарвин, Фарадей, Рейли и т.н., са оставили своята следа в света, тъкмо защото не е трябвало да изразходват ценното си време за подготовка и изнасяне на лекции. Флекснър никога не забравя това.

След като завършва Хопкинс за малко повече от две години, Флекснър става учител в родния си Кентъки, а след не много време вече преподава в Хопкинс, като се оказва, че негови студенти са и някои от състудентите му. В края на първата си година той скъсва всичките 11 студенти от една група. Безпрецедентният акт шокира родителите от Луисвил и запълва страниците на местните вестници. Родителите искат добрите им и обични деца да бъдат допуснати веднага в следващия курс и настояват за публично изслушване пред училищното настоятелство. Настоятелството се събира, запознава се с

фактите и незабавно подкрепя Флекснър, като по този начин създават местната му репутацията на мислещ преподавател, който поддържа възможно най-доброто равнището.

Оттогава насетне хората, които искат техните синове и дъщери да научат повече, отколкото биха научили в местните училища, започват да пращат децата си при Флекснър. Един адвокат, чийто син бил изхвърлен от подготовкителното училище, помолил Флекснър да стане наставник на момчето, да го подготви и изпрати в Принстън. Флекснър се съгласил, но при условие юристът да му намери още четирима ученика, които да подгответ при същото заплащане – 500 долара годишно. Адвокатът се съгласил и доста скоро Флекснър напуска работата си в университета и създава свое малко подготовкително училище.

„Училището на г-н Флекснър“, както го наричат хората, има невиждан успех. Флекснър приема всеки ученик, колкото и тъп и недисциплиниран да е той, като обещава на родителите да вкара децата им в релсите и да ги прати в Принстън, Харвард или в който и да е друг колеж. Удивителното е, че Флекснър успява, при това го прави без заплахи, насилие или натиск. „Отдавна бях разбрал, че нищо не може да се постигне с принуда“, казва покъсно той. „В училището нямаше правила, нямаше изпити, нямаше записи, нямаше и доклади.“

Много подобно на сътрудниците в Института за авангардни изследвания по-късно, учениците в Училището на г-н Флекснър нямат задължения. „Без задължения, само възможности“, това е била винаги позицията на Флекснър. Учениците му могат да влязат в час или не. Те могат да се появят там когато пожелаят и да се потрудят повече или по-малко по свое собствено желание. Вероятно изненадани от самите себе си, възпитаниците на Флекснър започват да идват в училище в събота, само за да свършат още нещо. В това няма нищо чудно: Флекснър постига всичко само със силата на своята индивидуалност и чрез искрения си възторг от преподаването.

Подготвителното домашно училище на Флекснър просъществува петнадесет години, от 1890 г. до 1905 г., когато собственикът му решава сам да продължи да учи. Той кандидатства в Харвард за степен по психология, но установява, че експерименталната дейност, която трябва да осъществява, е твърде отегчителна и не може да остане там, така че напуска и се връща към самообучението. Но този път си избира не никаква тъпа и тясна академична специалност, като експерименталната психология, а се захваща с цялата система на висшето образование в Съединените щати. В резултат написва книгата си *Американският колеж* – една унищожителна критика на тази система.

В книгата си Флекснър твърди, че колежите подтискат точно онези умс-

твени способности, които се предполага, че трябва да развиват – индивидуалната инициативност на студента. Той недоволства, че колежите наблягат повече на специализираното изследване, отколкото на доброто преподаване и че в много от случаите учебният план на студента просто е безсмислен. Естествено малцина преподаватели искат да чуят неговите послания, но Флекснър има няколко добри слушатели. Един от тях е Фондацията за развитие на преподаването Карнеги, която му възлага да направи специално изследване на медицинските училища.

В началото на новия век американските медицински „колежи“ обикновено действат подобно на днешните институти за висша мода, за поправка на компютри или за съвременен превоз на стоки с полуремаркета. С други думи взимат ви парите, изкарвате един-два курса и ви връчват огромна диплома с вашето име, написано върху нея с изключително едър староанглийски шрифт. Тези мними медицински училища никнат навсякъде като плевели. Има 42 такива в щата Мисури и 14 само в град Чикаго. Присъствието в часовете, разбира се, не е задължително. Вие си плащате обучението и след година вече сте доктор, няма хъката-мъката.

Флекснър си прави една ударна програма по медицинско обучение, като посещава Медицинския колеж в любимиия си Университет Джон Хопкинс, както и Рокфелеровия институт за медицински изследвания в Ню Йорк, където брат му Саймън Флекснър е директор на лабораториите. Като използва техните програми за образец за това как би могло и трябва да бъде, Флекснър тръгва да види какво представляват медицинските институти навсякъде из страната. За да разкрие истината, той често прибягва до хитрини.

„Една сутрин“, пише той, „посетих училище за остеопатия в Дес Моинес заедно с директора му и установих, че всички врати са заключени. Отвън на всяка висеше таблица – анатомия, физиология, патология и т.н. Портиерът беше неоткриваем – вероятно съвсем не случайно. След като изказах задоволството си, директорът ме изпрати до гарата и ме оставил, както е предполагал, да взема следващия влак за град Айова. Вместо това аз почаках, докато той се отдалечи, върнах се в училището, намерих портиера, дадох му пет долара и той ми отвори всички врати. Обзвеждането във всички помещения беше едно и също – бюро, малка черна дъска и столове. Нямаше нито схеми, нито апаратура – нищо.“

Флекснър лично инспектира всичките 155 медицински колежа в Съединените Щати и в Канада. Установява, че едва половин дузина от тях поддържат съответните стандарти за приемане, обучение и дипломиране. За всеки от останалите той си има подходящо определение: „Където и да било по света не би могло да съществува нещо по-противно, наричащо себе си медицинско училище“, казва той за Колежа за еклектична медицина и хирургия в

Джорджия, а за Медицинския колеж в Калифорния: „Позор за щата, чиито закони позволяват неговото съществуване“.

Флекснър предава доклад, публикуван за пръв път като *Бюлетин № 4* на Фондацията за развитие на преподаването Карнеги. По-късно този доклад става популярен просто като „Докладът на Флекснър“. Той е дори по-голяма сензация от *Американският колеж* и докарва на автора си не само порецица от клеветнически съдебни обвинения и процеси, а и заплахи за живота му. В анонимно писмо от Чикаго го наричат „чумната зараза за страната по отношение на медицинското обучение“ и заплашват да го застрелят само да посмее да стъпи в този почтен град. „Веднага след това“, казва той по-късно, „отидох в Чикаго, за да изнеса лекция на среща, организирана от Съвета по медицинското образование, и се върнах невредим.“

Флекснър печели битката. Шарлатанските медицински колежи затварят врати и изчезват, често безследно. От четиринаесетте училища в Чикаго остават само три. В образователните среди Флекснър става знаменитост, смятан е за рицарят-спасител на американската медицина. Малко по-късно той прави такова проучване и в Европа, изпратен там от Фондацията Карнеги. Докато приключва всичко това, Ейбрахам Флекснър вече е експерт номер едно в света в областта на медицинското образование.

През есента на 1929 г. Луис Бамбергер и сестра му Карълайн (Мисис Феликс) Фулд обмислят как да осигурят издръжката на медицински колеж в Ню Джързи. По същото време Ейбрахам Флекснър пише нова книга, *Университетите: американските, английските, немските*, основана на серия от лекции, които изнася в Оксфорд. „Един ден си работех спокойно“, спомня си той, „когато телефонът иззвъня и бях помолен да приема двама господа, които желаят да обсъдят с мен как да бъде използвана една значителна сума пари.“ Двамата мъже, Самюъл Лайдесдорф и Хърбърт Mac, го посещават от името на Луис Бамбергер и мисис Феликс Фулд, които се нуждаели от неговата помощ за създаване на медицинско училище в Нюарк. В колежът трябвало да има преференциални условия за евреите, тъй като Бамбергер и мисис Фулд, които са евреи, били убедени, че в медицинските институции съществува дискриминация спрямо евреите, както сред персонала, така и сред студентите.

Флекснър, който сам е евреин, не се съгласява с нито едно от тези изисквания. Първо, казва той, едно прилично медицинско училище трябва да е прикрепено към голям университет, както и към добра болница, а нито едно от тези две неща не съществуват в Нюарк. Нещо повече, само една река дели Нюарк от Ню Йорк, а там има прекрасни училища, които те едва ли биха могли да се надяват да конкурират. И накрая, въз основа на големия си ли-

чен опит, Флекснър изказал убеждението си, че медицинските колежи в действителност не дискриминират евреите и че, във всеки случай, лично той не може да се обвърже с институция, която прилага нещо извън високите професионални стандарти за избор както на студенти, така и на персонал.

От друга страна двамата мъже са представители на огромната сума от 30 милиона долара. Флекснър не желае да ги отпрати, така че предлага алтернативна идея. „Мечтали ли сте някога за идеалното?“, ги пита той. Със сигурност Флекснър го е правил, и мечтата е там, описана изчерпателно в ръкописа на новата му книга, първата част на която точно в този момент лежи на бюрото му.

Но противно на очакванията Флекснър не мечтае за изследователски институт. По принцип от известно време насам той е против чистите изследователски институти. Действително, през ноември 1922 г., той пише своите възражения срещу тях в доклад, който е подготвил за Главната комисия по образованието – Рокфелеровата фондация по образованието. Докладът е озаглавен „Предложение за основаване на американски университет“ и в него Флекснър заявява „Изследователските институти, колкото и полезни и необходими да са те, не могат сами да решат проблема [който имат висшите училища] – първо, защото относително малко хора са напълно доволни и ефективни, ако цялата им енергия е съсредоточена единствено в изследвания; второ, защото броят млади хора, които могат да бъдат обучавани в такива институти, по неизбежност е ограничен [...] изследователските институти не могат [...] да заемат мястото на университетите, където хората получават висше образование“.

Но Флекснър не е доволен от университетите, такива, каквито са те по това време. От една страна студентите, които излизат от тях, са лошо обучени, тъй като преподавателите им посвещават цялото си време на изследвания или са компетентни само в определени области с практическа насоченост, като право и медицина. В нито един от случаите, доколкото му е известно, студентите и преподавателският състав от който и да било университет не си сътрудничат за формирането на истинско „академично общество“, под което той разбира общество, чиято цел само и единствено е да премества напред границите на знанието, да изследва неизвестното. А точно такава е представата на Флекснър. Той мечтае за хибриден университет – или за някакъв вид институт, както и да бъде наречен той, – където преподаватели и студенти навлизат в девствените територии *заедно*, може би не като равни, но поне като партньори. За постигане на тази цел е нужно – смята той, – човек да е максимално свободен от външен натиск.

„Институтът трябва да бъде едно свободно академично общество“, пише той. „Свободно, защото създава личности, вдъхновявани от интелектуални

цели и оставени да преследват собствените си цели по начин, който те сами избират.“ Трябва да осигурява пристрастна обстановка и „преди всичко спокойствие – отсъствие на отвлечащи вниманието неща, както от материален характер, така и от типа на родителската грижа за незрелите деца-студенти“.

Флекснър пише всичко това в книгата, върху която работи в момента, и дава на посетителите си, Лейдесдорф и Мас, копие от тази първа част, която е озаглавил „Идеята за съвременен университет“. Те я занасят на Бамбергер и мисис Фулд, които, след като я прочитат, се отказват от плановете си за медицинско училище.

По време на есенния концертен сезон Бамбергер и Фулд наемат апартамент в хотел Мадисън в Ню Йорк и една вечер поканват Флекснър на вечеря. През следващите седмици той се среща с тях редовно на обяд и към средата на януари, точно преди те да заминат за зимната си ваканция в Аризона, Флекснър им скицира на куп хвърчащи листове как най-добре да употребят богатството си. В материалите е нахвърлен проект за „Обезпечаване на институция за следдипломна квалификация, разположен в, или близо до, Нюарк и наречен на щата Ню Джързи в знак на благодарност за възможностите, на които се радвахме сред неговите жители“. Докато Бамбергер и мисис Фулд си стягат багажа за слънчевия Югозапад, и тримата вече са наясно, че скоро ще бъдат поставени основите на университета на Флекснъровите мечти.

Когато през април двамата се връщат от Аризона, единственото нещо, което се променя, е името на институцията. Сега то става „Институт за следдипломна квалификация и авангардни изследвания“. В него няма да има студенти. Преподавателският състав ще бъде добре заплатен и, преди всичко, както стипендантите, така и преподавателите трябва да се посвещават изцяло на нови и фундаментални изследвания.

Формално и официално Институтът е регистриран на 20 май 1930 г. като Институт за авангардни изследвания. Вратите му се отварят три години по-късно. Междувременно съществуват два проблема, които трябва да бъдат изгладени. Единият е местоположението. Бамбергер все още бленува Институтът да бъде в Саут Ориндж, като забравя, че е настоявал на всяка цена той да е „близо до Нюарк“. Проблемът е, че Нюарк може да е идеална територия за манифактура, но е едно от най-неподходящите места в света, където бихте разположили подобна институция за следдипломна квалификация. Никъде в Нюарк, смята Флекснър, не би привлякло когото и да било с научни наклонности: в града няма университет, няма големи библиотеки, музеи или галерии. Там има предимно фабрики за бои и лакове. В един момент Флекснър разпраща циркулярно писмо до 40 педагози от цялата страна, като моли за съвет – къде да бъде разположен този институт. Изпращат му списъци с градове, които и той сам би могъл да състави: Ню Йорк, Кеймбридж, Чи-

каго, Филаделфия и т.н. В нито един от тези списъци обаче не фигурира Нюарк.

Най-фантасмагоричното предложение, което Флекснър получава, идва от математика в Принстънския университет Соломон Лифшиц. Пренебрегвайки намерението на Бамбергер да разположат Института *някъде* в Ню Джързи, Лифшиц привежда градивни доводи за това Институтът да бъде във Вашингтон, област Кълъмбия. Идеята му е, че щом националната столица принадлежи на всичките 48 щата, тя може да бъде разглеждана и като част от един от тях – Ню Джързи. И на самия Флекснър започва да му се струва, че фразата „близо до Нюарк“ би могла да се разтегне, та да обхване и всички северни, а защо не и централни, части на страната.

Във всеки случай Флекснър много преди това вече е решил Институтът да се намира в Принстън, което според него е идеалното място. Той е далеч от развлеченията и напрежението на големите градове, а все пак е на един хвърлей разстояние от Ню Йорк, Филаделфия и Вашингтон. Принстънският университет вече има един от най-големите в света Математически факултети, както и хубава библиотека, за която сътрудниците на Института ще имат привилегирован достъп. Флекснър прилежно се прави, че търси място в близост до Нюарк, но същевременно е в контакт с реален правительствен агент в Принстън.

Другият проблем е преподавателското тяло. Институтът ще потъва или ще плува, разсъждава Флекснър, в зависимост от първоначалния щатен състав, поради което той иска възможно най-добрите специалисти, които може да намери, независимо откъде. Но никога, и в най-смелите си сънища, не е мечтал, че първият професор в Института ще бъде струящата светлина от небосвода – Алберт Айнщайн.

Превод: **И. Русев**

## **Бележки**

[1] – *Georgian style* – Неокласически архитектурен стил (около 1715 – 1820), популярен в Британия при кралете от Джордж I до Джордж IV, създаден по подобие на Паладинския стил в Древния Рим и използван през 17-и век от английския архитект Иниго Джоунс – *бел. прев.*

[2] – *Bauhaus* – прочута немска проектантска школа, създадена от Валтер Гropиус през 1919 г. във Ваймар, със силно влияние върху съвременната архитектура – *бел. прев.*