

ОТКРИВАНЕТО НА АСИМПТОТИЧНАТА СВОБОДА И РАЖДАНЕТО НА ТЕОРИЯТА НА СИЛНИТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Дейвид Грос

(Нобелова лекция, Стокхолм, 8 декември 2004 г.)

Част II (продължение от кн. 2'2007)

10. Неабелеви калибровъчни теории на силните взаимодействия

За мен откриването на асимптотичната свобода беше напълно неочаквано. Подобно на атеист, с когото току-що е заговорил горящият храст, аз веднага станах истински вярващ. Теорията на полето не е грешна – точно обратното, скейлингът трябва да получи своето обяснение в асимптотично свободна теория на силните взаимодействия. Нашата първа статия съдържаше, като допълнение към съобщението за асимптотично свободната теория на Янг-Милс, хипотеза, че тя може да предложи обяснение на скейлинга и забележка, че трябва да се появява логаритмично отклонение от скейлинга, а също и най-важното – предложението, че силните взаимодействия трябва да бъдат основани на цветната калибровъчна теория.



В резюмето на нашата публикация се казва: „Доказано е, че широк клас от неабелеви калибровъчни теории притежават, с точност до изчислени логаритмични поправки, асимптотично поведение, аналогично на поведението на свободна теория на полето. Предлага се, че скейлингът на Бьоркен може да бъде получен от динамиката на силните взаимодействия, основаваща се на неабелева калибровъчна симетрия“. Първият параграф започва: „В последно време неабелевите калибровъчни теории привлякоха значителен интерес като средство за построяване на единни пренормируеми теории на слабото и електромагнитно взаимодействие. В тази бележка ние съобщаваме за изследване на асимптотичното поведение на тези теории. Ние установихме, че те притежават онова забележително свойство, вероятно уникално сред пренормируемите теории, да бъдат асимптотично близки към теорията на свободните полета. Такива асимптотично свободни теории демонстрират бьоркеновски скейлинг за матричните елементи на токове

между състоянията върху масовата повърхност. Затова ние предполагахме, че за обяснение на скейлинга на Бьоркен, който досега бе необясним от теория на полето, трябва да се търси неабелева калибровъчна теория на силните взаимодействия“.

Имахме предвид една специфична теория. Понеже експериментите по дълбоконееластично разсейване показваха, че заредената компонента на нуклоните са кварките, глюоните трябваше да бъдат ароматно неутрални. Затова глюоните не могат да взаимодействат с ароматите. Бяхме добре подсигурени с данни в полза на съществуването на цветно квантово число – не само от спектроскопията на кварковия модел, изходна мотивация на Хан, Намбу и Гринберг, но и множителя (равен на 3), появяващ се при изчислението на темпа на разпад на пи-мезона на два гама кванта, отчитайки аксиалната аномалия (проведено от У. Бардин, Х. Фрич и Гел-Ман), както и множителя 3, приписван на цвета в пълното сечение при аниhilация. Така глюоните могат да взаимодействат с цвета и всичко се оказва наред. Въз основа на това, ние предположихме: „Един особено привлекателен модел се основава на три триплета фермиони с гел-мановска $SU(3) \times SU(3)$ симетрия като глобална симетрия и „цветна“ калибровъчна $SU(3)$ -група, обезпечаваща силните взаимодействия. В нея генераторите на калибровъчната група на силните взаимодействия комутират с обикновените $SU(3) \times SU(3)$ токове и смесват кварките с еднакъв изоспин и хиперзаряд, но с различен „цвет“. В подобен модел векторните мезони са (ароматно) неутрални и структурата на операторното разлагане на произведението на електромагнитните или слаби токове по същество съпада с тази на модела на свободни кварки (с точност до изчисляеми логаритмични поправки)“. Така ние предложихме, че силните взаимодействия се описват от теория, която сега се нарича Квантова Хромодинамика!

Още преди това с Калан обсъждахме появата на логаритмични поправки към скейлинга в асимптотично свободните теории. Анализирахме дълбоконееластичното разсейване в асимптотично свободните теории и установихме, че „в такива асимптотично свободни теории наивният скейлинг се нарушава от изчисляеми логаритмични членове“. Затова разбирахме какъв род отклонения могат да се очакват в подобни теории. Заедно с Вилчек започнахме да изчисляваме логаритмичните отклонения от скейлинга. Бяхме изключително вдъхновени от възможността да получим предсказания за експериментална проверка, изхождайки от основни принципи, което би представлявало решителна проверка на нашите асимптотично свободни теории на силните взаимодействия. Вече бяхме намерили асимптотичните несинглетни по аромат структурни функции, прости за изчисление и готови в момента, когато беше готово нашето кратко съобщение в *Physical Review Letters*, но там нямаше място за тези резултати. Започнахме веднага да пишем по-дълга

статия, в която структурата на теорията беше разработена по-детайлно и бяха разгледани ред динамични проблеми, специално проблемът за конфайнмънта. В първоначалното кратко съобщение ние доста уклончиво засягахме този въпрос. Правехме предположението, че мезонът на Хигс би нарушил асимптотичната свобода, но едва бяхме започнали да изучаваме динамичните следствия от ненарушаването на цветната симетрия. Единственото нещо, в което бяхме сигурни, беше че *„теорията на пертурбациите не заслужава доверие нито относно стабилността на симетричните теории, нито за частичковото съдържание“*. Веднага след публикуването на нашата статия се появи статията на Полицер. В нея той отделяше особено внимание на асимптотичната свобода на теорията на Янг-Милс и нейните приложения към динамичното нарушаване на симетриите в тези теории. В резюмето на своята статия той беше отбелязал: *„Първите изчисления показват, че теорията на пертурбациите е приложима за функциите на Грин в дълбоко евклидовата област на чистата теория на Янг-Милс и много от теориите на Янг-Милс с фермиони. При предположението, че спонтанното нарушаване на симетрията има динамичен произход, тези симетрични функции на Грин представляват асимптотики на физично важно решение със спонтанно нарушена симетрия, вероятно, със силна връзка“*. В тази статия не се споменава нищо нито за скейлинга на Бьоркен, нито за силните взаимодействия.

В нашата втора статия, написана няколко месеца по-късно, ние разгледахме детайлно структурата на асимптотично свободните теории на силните взаимодействия и предсказанието за нарушаване на скейлинга при дълбоко-нееластичното разсейване. Публикуването на тази статия беше отложено за около два месеца поради възникващи трудности със синглетните структурни функции заради операторните смесвания на физични оператори с оператори на призрочни полета. Проблемът беше аналогичен с въпроса за калибровъчната инвариантност, който ни преследваше от по-рано. Но сега трудностите се оказаха по-сериозни. Физичните оператори, чиито компоненти могат да се измерват в експерименти по дълбоконееластично разсейване, се смесват с призрочните оператори, които нямат физичен смисъл. В края на краищата ние отложихме анализа на синглетните структурни функции за следваща работа, в която този въпрос беше решен. Показахме, че въпреки това смесване призрочните оператори не дават принос при физичните измервания. Във втората работа детайлно обсъдихме избора между нарушената и ненарушена симетрия и отбелязахме, че *„другата възможност е калибровъчната теория да бъде точна. На пръв поглед това изглежда смешно, защото изисква съществуването на безмасови силно взаимодействащи мезони. Обаче в асимптотично свободните теории такива наивни очаквания могат да се окажат подвеждащи. Може да се окаже, че не съществува никаква връзка между „свободния“ лагранжиан и спектъра от състояния... Инфрачервеното поведение*

на функцията на Грин в този случай се определя от границата на силната връзка в теорията. Може да се окаже, че инфрачервеното поведение е такова, че да подтиска всички състояния освен цветните синглети и че цветните калибровъчни полета все пак, както и кварките, могат да бъдат „видяни“ в области на големи евклидови импулси, но никога да не могат да бъдат получени като реални асимптотични състояния“.

Стив Уйнбърг веднага реагира на асимптотичната свобода. Той написа статия, в която отбелязваше, че в асимптотично свободна калибровъчна теория на силните взаимодействия електрослабите взаимодействия с порядък алфа на взаимодействие могат да се пресметнат, без да се отчитат силите, свързани със силните взаимодействия; той беше установил, че тези ефекти не нарушават запазването на четността и странността и че се съгласуват с наблюденията, ако не съществуват цветни скалари. Това го беше довело до предположението, че теория с ненарушена цветна симетрия може да обясни защо не виждаме кварките и глюоните. Между нашите хипотези имаше известно различие. Уйнбърг твърдеше, че е възможно инфрачервените разходимости, обусловени от безмасовостта на глюоните в калибровъчната теория с ненарушение на цвета, да превърнат в нула вероятността за раждане на несинглетни състояния. Днес ние вярваме в съществуването на кулонови фази с ненарушена цветна симетрия, в които няма конфайнмънт, но това е валидно за някои суперсиметрични неабелеви калибровъчни теории. Ние твърдяхме също, че вероятно увеличаването на ефективната константа на връзка с увеличаване на разстоянието и ултравиолетовото поведение на константата на връзката, обусловено от явление, противоположно на асимптотичната свобода (по-късно наречено от Джорджи и Глешоу инфрачервено робство) – може да ограничава кварките и глюоните в цветни синглетни състояния.

През октомври 1973 г. Фрич, Гел-Ман и Х.Лейтвилер написаха статия, в която те обсъждаха „*предимствата на цветните глюонни октети*“. В нея те обсъждаха предимствата на „*извличането на свойства на адроните и техните токове от гледна точка на калибровъчния модел на Янг-Милс, основаващ се на цветните кварки и цветни глюонни октети*“. Те изучаваха различни модели и сочеха предимствата на всеки един от тях. Първата гледна точка вече беше обсъждана на конференцията по физика на високите енергии на Фермилаб през август 1972 г. Там Гел-Ман и Фрич изложиха своята програма за „*извличане на резултати от кварк-глюонния модел*“. Те изучаваха различни модели и поставяха въпроса: „*Може ли за удобство да разглеждаме векторния глюон като цветен синглет?*“. През октомври 1973 г. Фрич, Гел-Ман и Лейтвилер отбелязаха също, че в нерелативистичния кварков модел с кулонов потенциал, предаван от векторни глюони, потенциалът се оказва привличащ в синглетните по цвят канали, което обяснява защо те са леки. Това беше забелязано по-рано и от Г. Липкин. Те също така обърнаха внима-

ние и на асимптотичната свобода на такива теории, без да я приемат като аргумент за скейлинга, защото „*ние предполагаме, че може да има модификация при високите енергии, предизвикваща истинския скейлинг*“. Най-накрая те отбелязваха, че аксиалната $U(1)$ -аномалия в неабелевата калибровъчна теория може да обясни знаменития $U(1)$ -проблем, въпреки че те сами не могат да кажат защо, понеже аномалията сама по себе си може да бъде записана като пълна дивергенция. (Наложи се да се открият инстантоните, за да се обясни $U(1)$ -проблемът).

11. Поява и приемане на КХД

Въпреки че ми беше ясно, че силните взаимодействия трябва да се описват от неабелеви калибровъчни теории, оставаха много проблеми. Експерименталната ситуация беше далеч от ясна, а и проблемът за конфайнмънта оставаше открит. Обаче в една малка физична общност теорията беше приета много бързо. Понякога са необходими години, за да могат новите физични идеи да проникнат в колективното съзнание. Обаче има не малко случаи, като този например, когато смяната е аналогична на фазов преход. Преди асимптотичната свобода изглеждаше, че сме далеч от динамична теория на адроните; след нейното откриване стана ясно, че КХД е такава теория. Това название се появи за пръв път в обзора на У. Марциано и Х. Пагелс във *Phys. Rep.* 36, 137, 1978, които я приписват на Гел-Ман. Названието беше толкова подходящо, че никой не възрази. Асимптотичната свобода обяснява скейлинга на малки разстояния и предлага механизъм за конфайнмънт при големи. Внезапно се изясни, че неабелевата калибровъчна теория се съгласува с всичко, което беше известно за силните взаимодействия. Тя можеше да погълне цялата съществуваща феноменология на силните взаимодействия от последното десетилетие. Понеже глюоните са ароматно-неутрални, глобалните ароматни симетрии на силните взаимодействия, $SU(3) \times SU(3)$ следват естествено от теорията, ако масите на кварките (масовите параметри на кварките в лагранжиана, а не физичните маси, които ефективно са безкрайни поради конфайнмънта) са достатъчно малки.

Още по-привлекателни се оказваха изчислителните възможности. Понеже теорията на пертурбациите беше приложима за малки разстояния, можехме да решаваме множество проблеми. Много теоретици бързо се убедиха в това, а сред тях: Алтарели, Апелквист, Калан, Коулмен, Гайар, Гато, Джорджи, Глешоу, Когут, Ли, Майани, Мигдал, Поляков, Полицер, Саскинд, Уайнбърг, Зи. На големи разстояния, обаче, теорията на пертурбациите беше безполезна. В действителност, и днес, след 31 години усилия, все още не ни достигат удобни аналитични методи за изследване на тази област на КХД. Тя остава една от най-важните области на теоретичната физика. Но по онова време най-важното беше да се убедим, че идеята за конфайнмънта не е не-

състоятелна. Една от първите крачки в тази посока беше решетъчната калибровъчна теория. За пръв път чух за нея от самия Уилсън, когато бях изнесъл лекция в университета Корнел през есента на 1973 г. Уилсън се беше замислил над този проблем веднага след откриването на асимптотичната свобода. Както отбеляза той, решетъчната преформулировка на калибровъчната теория (предложена независимо от Поляков) имаше това допълнително преимущество, че границата на силната връзка беше особено проста и отразяваше конфайнмънта. Това беше доста грубо приближение, понеже при преход от решетъчна теория към континуална трябваше да се използва границата на слабата връзка. Обаче, можеше да си представим, че при непрекъснат преход от силна към слаба връзка върху решетката, свойствата на конфайнмънта не се губят, т.е. в теорията няма фазови преходи. Нещо повече, както показва Уилсън, беше възможно това да се изучава, използвайки метода Монте Карло и да се построи решетъчна статистическа сума. Обаче първите числени резултати се появиха едва през 1981 г. Понастоящем програмата за изчисляване на масовия спектър на адроните е близка до целта си и с нейна помощ се постигат достоверни резултати, които се съгласуват със спектъра на ниско лежащите състояния с точност до няколко процента!

През следващата година лично аз намерих не малко утешение в два примера на точно решаеми двумерни теории на полето. Едната от тях беше $(\psi\psi)^2$ -теорията, която заедно с Невьо анализирахме и решихме за големи N . Това беше пример за решаем асимптотично свободна теория, която претърпява размерна трансмутация, преодолявайки своите инфрачервени проблеми посредством генерацията на динамична фермионна маса чрез механизма на спонтанно нарушаване на симетрията. Получи се модел на асимптотично свободна теория без масови параметри. Успяхме да решим този модел и да проверим, че тя е физично самосъгласувана. Другият решаем модел беше двумерната КХД, анализирана от 'т Хуфт при големи N . Двумерните калибровъчни теории по очевиден начин затварят цвета. Това беше разбрано достатъчно рано и се обсъждаше през есента на 1973 г. за абелевата калибровъчна теория – модела на Швингер – от Кашер, Когут и Саскинд като модел на конфайнмънт. Обаче КХД₂ е по-сполучлив пример. В нея присъства спектър на затворените кварки, много напоявящ четиримерния свят. Тези примери дадоха на мнозина от нас пълна увереност в състоятелността на идеята за конфайнмънта. Стана възможно създаването на теории, в които основните полета не съответстват на асимптотичните състояния – частици, които могат да бъдат непосредствено наблюдавани в лабораториите. Освен това започнаха да се появяват и приложения на теорията. Бяха проведени две изчисления на β -функциите в двупримково приближение. Апелквист и Джорджи, както и Зи изчислиха поправките към скейлинга за сечението на разсейване при електрон-позитронна аниhilация; пресмятанията на Гайар и Ли и неза-

висимо на Апелквист и Майани показаха нарастване на матричните елементи за нелептонния разпад с $\Delta I = 1/2$. Продължи и анализ на отклоненията от скейлинга и приложенията на асимптотичната свобода, в съвременна терминология, пертурбативната КХД беше разпространена върху множество нови процеси.

Ситуацията в областта на експеримента се развиваше по-бавно и отначало съвсем не изглеждаше обнадеждаваща. Помня как през пролетта на 1973 г. бях поканен на среща в Триест. Там беше и Барт Рихтер, който се радваше на това, че отношението на сечението за раждане на адрони към това за раждане на мюони след електрон-позитронната аниhilация се увеличава с енергията, вместо да се приближава към предсказваната постоянна стойност. Това беше най-твърдото предсказание за скейлинга. Това отношение трябва да клони към константа във всяка теория със скейлинг. В повече от съществуващите теории не е възможно да се предскаже стойността на тази константа, докато асимптотично свободната теория предсказва, че тя е равна на сумата на квадратите на зарядите на съставляващите частици. Затова, ако съществуваха само трите кварка, които тогава бяха наблюдавани, очакваше се, че това отношение е равно на 2. Обаче Рихтер съобщи, че то расте и преминава през 2, без да показва признаци на забавяне. Днес мнозина от нас признават че чаровните частици трябва да съществуват. Не само защото те се изискват, за да работи механизмът на Глешоу-Илиопулос-Майани, но и защото К. Бучия, Дж. Илиопулос и Л. Майани (и независимо от тях, Р. Джекив и аз) показаха, че при отсъствие на чаровни частици, теорията на електрослабите взаимодействия ще бъде аномална и непренормируема. Гайяр, Ли и Розен написаха важна и впечатляваща статия за феноменологията на чара (Rev. Mod. Phys. 47, 277, 1975). Затова доста физици считаха, че щом това отношение расте, то вероятно се раждат чаровни мезони със значително по-малка ширина, отколкото някой би могъл да предположи (освен Апелквист и Полицер), много приличащи на позитрония и лесно интерпретирани в термините на свързаните кулонови състояния на кварките. Това реши проблема на мнозина от скептиците. На останалите не им оставаше нищо друго, освен да се убедят в това, когато при експерименти с по-големи енергии започнаха да се появяват кваркови и глюонни струи.

Точната проверка на теорията – логаритмичното отклонение от скейлинга, изискваше доста време, за да бъде наблюдавано. Много добре помня забележката, направена ми от по-старши колега, на колоквиум през април 1973 г., когато, веднага след откриването на асимптотичната свобода, бях препълнен от емоции и ентузиазъм. Той отбеляза, че за съжаление, нашите нови предсказания, отнасящи се до дълбоконееластичното разсейване, имат логаритмичен характер, и даже да са верни, няма надежда да ги видим проверени, докато сме живи. Това беше преувеличено, но наистина трябваше да

чакаме доста дълго. Потвържденията започнаха да се появяват едва в периода 1975-1978 г. Но днес това предсказание е потвърдено с точност, надвишаваща 1%. Сега експериментаторите обясняват своите резултати, показвайки своите графики, говорейки: „*Ето тук виждаме кварк, а тук глюон*“. Те вярват в това, което виждат, и виждат това, в което вярват. Днес ние вярваме във физичната реалност на кварките и глюоните, в асимптотичната простота на техните взаимодействия при високи енергии; затова ние „*виждаме*“ и кварките и глюоните. Начинът на тяхното наблюдение, свързан с неясното въздействие, което оказват на нашите измервателни прибори, не се отличава силно от начина, по който наблюдаваме електроните.

12. Следствия от асимптотичната свобода

Най-важното следствие от асимптотичната свобода е самата КХД с точкоподобно поведение на кварките на малки разстояния и силно взаимодействие, водещо до конфайнмънт на големи разстояния. Но покрай това, асимптотичната свобода усили нашата увереност в състоятелността на квантовата теория на полето, предоставяйки първия пример на теория без нагаждане на параметрите, позволяваща изучаването на много ранната история на Вселената и екстраполацията на Стандартния модел до области на много високи енергии.

12.1. Състоятелност на квантовата теория на полето. Традиционната фундаментална представа за природата има тенденция да бъде нарушавана на малки разстояния. Това често се превръща в сигнал за появяване на нова физика, която се открива експериментално с прибори с достатъчно висока разделителна способност (по енергии), за да може да се изучава високоенергетичният режим. До откриването на асимптотичната свобода се очакваше, че квантовата теория на полето трябва да се нарушава при достатъчно високи енергии, където в процедурите на ренормировки трябва да се появяват грешки. За да може да се работи при тези обстоятелства става наложително да се използва някаква фундаментална дължина. В асимптотично свободната теория това не е така: намаляването на ефективната константа на връзка при увеличаване на енергията означава, че не е необходимо появяването на нова физика на малки разстояния. Тук няма безкрайности въобще, даже голата константа на връзката е крайна и в действителност се стреми към нула. Единствената появяваща се разходимост е илюзия, възникваща при опит да се сравни в теорията на пертурбациите крайната константа със стремящата се към нула константа на връзката на безкрайно малки разстояния.

Затова откриването на асимптотичната свобода съществено укрепи нашата вяра в състоятелността на четиримерната теория на полето. Можем да се доверяваме на ренормировките в асимптотично свободните теории даже когато теорията на пертурбациите е само асимптотично развитие, понеже

нещата се опростяват на малки разстояния. Ние сме много близко до строгото математично доказателство на съществуването на четиримерни асимптотично свободни калибровъчни теории или поне поместени в краен обем за обрязване на инфрачервената динамика, предизвикваща конфайнмънта.

12.2. Отсъствие на нагласяеми параметри. На пръв поглед в КХД има само един параметър – безразмерно число, характеризиращо силата на взаимодействие (ако се пренебрегнат масите на кварките, което представлява отлична апроксимация за обикновените адрони, защото леките кварки са наистина много леки). Обаче, поради зависимостта на заряда от разстоянието и енергията, теорията генерира динамичен мащаб за масите. Масовият мащаб в КХД се определя като енергията, при която зарядът приема някаква стойност, да кажем 1. След това, благодарение на механизма на размерната трансмутация, всички маси, а по същество всички наблюдаеми, могат да бъдат изчислени в термините на динамично генерирания масов мащаб. Понякога се твърди, че източник на масите е механизмът на Хигс, отговорен за нарушение на електрослабата симетрия, която бидейки ненарушена, би забранявала на кварките да имат маси. Това е неправилно. Голямата част (99%) от масата на протона е съставена от кинетичната и потенциална енергия на безмасовите глюони, и особено затворените в протоните почти безмасови кварки.

По такъв начин, КХД представлява първия пример на пълна теория, не съдържаща нагаждаеми параметри, и без вътрешни указания за мащаба на разстояние, на който трябва да се нарушава. Действително, ако не бяха електрослабите взаимодействия и гравитацията, можехме да бъдем удовлетворени от КХД в нейния съвременен вид. Тя е най-добрият пример на завършена пълна теория, която имаме днес.

12.3. Ранната история на Вселената. Вселената се разширява след Големия взрив, бидейки първоначално гореща и плътна. За да проследим историята на Вселената, трябва да разберем динамиката на горещата Вселена от частици с много високи енергии. До откриването на Стандартния модел не можехме да отидем по-далеч от 200 000 години след Големия взрив. Днес, благодарение на това, че при високи енергии КХД се опростява, можем да я екстраполираме до много ранни моменти на времето, когато нуклоните са били стопени, а кварките и глюоните са били свободни, формирайки кварк-глюонна плазма.

12.4. Обединение. Едно от най-важните следствия на асимптотичната свобода е прозрението за обединение на всички природни сили, което тя дава. Почти веднага след откриването на асимптотичната свобода и предложена-та неабелева калибровъчна теория като теория на силните взаимодействия бяха направени опити за обединяване на всички взаимодействия. Това беше естествено, защото за описването на всички известни сили се използват при-

личащи си теории. Нещо повече, непреодолимата бариера за обединение, а именно голямата разлика в интензитета между електрослабите и силните взаимодействия, можеше да се разглежда като нискоенергетично явление. Понеже силното взаимодействие отслабва при увеличаване на енергията, тези сили могат да имат единен произход при много високи енергии. Г. Джорджи, Х. Куин и С. Уайнбърг показаха, че константите на връзки имат такова поведение, че се сливат в области от 10^{14} до 10^{16} GeV. Това е най-прякото указание за мястото, където може да се намира новата отправна точка на фундаменталната физика и намек за това, че при невъобразими енергии всички сили на природата, включително и гравитацията, се обединяват.

Благодарности. В края на лекцията си искам да благодаря не само на Нобеловия комитет, но и на самата природа, дала ми възможност да изучавам нейните тайни, както и слуката да разкрия една от най-тайнствените и красиви нейни прояви – силните взаимодействия.

Gross D J, Wilczek F „*Ultraviolet behavior of non-Abelian gauge theories*“
Phys.Rev.Lett. 30 1346 (1973). Цитираната в нобеловата лекция литература (от 60 публикации) може да се намери в оригиналния текст *The discovery of asymptotic freedom and the emergence of QCD*, Nobel Lecture, 7 September 2005, Reviews of Modern Physics, v. 77, July 2005, p. 837

Превод: **Нъшан Ахабабян**; Редакция: **Виктор Атанасов**

ВЪЗМОЖНО ЛИ Е ДВИЖЕНИЕ СЪС СКОРОСТ ПО-ГОЛЯМА ОТ СКОРОСТТА НА СВЕТЛИНАТА ВЪВ ВАКУУМ? ЕКСПЕРИМЕНТ НА Л. УАНГ И СЪТРУДНИЦИ

Динко Динев

*„Вселената е не само по-странна, отколкото си представяме,
тя е по-странна, отколкото ние можем да си представим.“*

Сър А. Едингтън (Arthur Eddington) (1882-1944)

1. Увод

През 2000 г. Лиджун Уанг (Lijun Wang) и неговите сътрудници Александър Кузмич (Alexander Kuzmich) и Артур Догариу (Arthur Dogariu) от изследователския център на NEC в Принстън (NEC Research Institute, Princeton) проведоха експеримент, изучаващ разпространението на светлинен импулс през камера с цезиеви атоми, чиито резултати прозвучаха сензационно и породиха оживена научна дискусия [1].

Журналистическият прочит на този експеримент беше, че е наблюдавано разпространението на лазерен импулс със скорост 310 пъти по-голяма от скоростта на светлината във вакуум.

Всъщност, както ще стане ясно от по-нататъшното изложение, истинският резултат от този експеримент е малко по-различен, но не по-малко сензационен. В своя експеримент Уанг и сътр. използват пирексова камера, с дължина 6 cm, напълнена с цезиеви пари. Камерата е поместена в еднородно магнитно поле, с което се предизвиква фино разцепване на спектралните линии (енергетичните нива). С помощта на два лазера с близки честоти на излъчване в цезиевия газ се създава инверсна населеност за две близко разположени спектрални линии. С това средата от силно поглъщаща се превръща в усилваща за интересуващите ни честоти и това позволява да се наблюдава разпространението на тестовия импулс. Използването на двойка близко разположени усилващи спектрални линии е предложено от А. Стайнберг и Р. Чиао [2]. По този начин се създава една почти прозрачна среда.

Уанг и сътр. изпращат към цезиевата камера светлинен импулс, излъчен от трети лазер. Този импулс има дължина 3.7 ns и честота, лежаща в областта между гореспоменатите две спектрални линии. При дължина на камерата 6 cm, ако светлинният импулс се разпространяваше със скоростта на светлината във вакуум, то на него щяха да са необходими 0.2 ns, за да я пресече.

Уанг и сътр. наблюдават обаче, че тестовият импулс излиза от далечния край на цезиевата камера 62 ps по-рано, отколкото би се очаквало, ако той се разпространяваше със скоростта на светлината във вакуум! Излиза, като че ли времето, което е необходимо на този импулс, за да пресече камерата с цезиевите атоми е отрицателно! Като че ли тестовият импулс напуска камерата преди да е навлязъл в нея!

Отрицателното закъснение или по-скоро изпреварването на импулса е равно на 310 пъти времето, за което светлината би пресякла камерата, ако тя не беше пълна с цезиеви атоми, а беше просто една вакуумна междина.

И нещо не по-малко забележително – за разлика от предишни експерименти, претендиращи, че демонстрират разпространението на светлинни импулси със свръхсветлинна скорост, в експеримента на Уанг и сътр. Импулсът, навлизащ в камерата, и импулсът, напускащ камерата, имат строго една и съща форма и интензитет!

В експеримента на Уанг и сътр. светлинният импулс, напускащ камерата, успява да се отдалечи от нея на цели 19 m, в момента в който първоначалният импулс достига до нейната по-близка стена.

Не се ли нарушава принципът на причинността? Не се ли появява следствието преди причината? Здравият разум и целият натрупан човешки опит сочи, че не е възможно едно съобщение да се получи, преди то да е било изпратено.

Оказва се, че експериментът на Уанг и сътр. има напълно задоволително качествено и количествено обяснение, базиращо се изцяло върху съществуващи физични модели.

2. Нормална и аномална дисперсия

За да разберем наблюдаваното от Уанг и сътр. явление, ще трябва да си припомним някои факти от вълновата оптика [3].

Нека имаме една плоска едномерна монохроматична вълна:

$$\psi(z, t) = A_0 e^{i(\omega t - kz)} \quad (1)$$

където: ω е честотата, а $k = 2\pi / \lambda$ е вълновото число.

От елементарния курс по физика знаем, че скоростта, с която се разпространява тази вълна, т.е. скоростта, с която се премества една коя да е фиксирана фаза е:

$$v_p = \frac{\omega}{k} \quad (2)$$

Тази скорост се нарича фазова скорост на вълната. Тъй като тя не е равна на скоростта, с която вълната пренася енергия или информация, то за нея

не важи релативисткото ограничение да бъде по-малка от скоростта на светлината във вакуум.

Ако си представим профила на вълната като направен от твърд материал и движещ се надясно по оста z , то v_p ще е скоростта в обичайния смисъл. Но ние знаем, че вълната (1) може да представлява просто отместването в напречно на оста z направление на една последователност от малки масивни частици, всяка от които осцилира напречно на z в съответствие с (1). В този случай v_p няма нищо общо с някакво реално преместване по направление на оста z .

Вълновият процес (1) може да представлява просто една последователност от разположени по оста z процеси, които да не са свързани с никакви причинно-следствени връзки. В този случай очевидно фазовата скорост не е обект на релативисткото ограничение на скоростта.

Но и в случаите, в които вълната (1) представлява последователност от свързани отмествания в напречно на оста z направление, фазовата скорост не е ограничена, понеже тя не е равна нито на скоростта, с която се разпространява енергията, нито на скоростта, с която се разпространява информация.

За да пренася информация, един сигнал не може да бъде просто периодична вълна; информацията трябва да се закодира в съответно изменение на амплитудата, на честотата или на началната фаза на вълната. Но такава модулирана вълна вече не е монохроматична, а се състои от цял набор или група от монохроматични вълни с различни амплитуди, честоти и начални фази. Скоростта на разпространение на сигнала е равна на скоростта на разпространение на групата като цяло и се нарича групова скорост.

За вълнов пакет, състоящ се от една съвкупност от плоски монохроматични вълни, непрекъснато запълващи един интервал от честоти $\omega_0 \pm \Delta\omega_0$, $\Delta\omega_0 \ll \omega_0$, се показва, че груповата скорост е равна на:

$$v_g = \frac{\partial \omega}{\partial k} \quad (3)$$

Връзката между фазовата и груповата скорости се дава от формулата на Рейли:

$$v_g = v_p - \lambda \frac{\partial v_p}{\partial \lambda} \quad (4)$$

Отчитайки, че реалната част на показателя на пречупване е равна на:

$$n_r = \frac{ck}{\omega}, \quad (5)$$

формулата на Рейли може да се представи и като:

$$v_g = \frac{v_p}{1 + \frac{\omega}{c} v_p \frac{dn_r}{d\omega}} \quad (6)$$

или

$$v_g = v_p \left(1 - \frac{k}{n_r} \frac{dn_r}{dk}\right) \quad (7)$$

От (4, 6, 7) се вижда, че ако отсъства дисперсия, т.е. ако фазовата скорост не зависи от дължината на вълната (честотата), то $v_g = v_p$.

В среди с дисперсия груповата скорост се различава от фазовата.

В изотропни среди скоростта, с която се разпространява енергията, е равна на фазовата скорост. В среди с дисперсия, в които фазовата скорост е функция на дължината на вълната, скоростта на разпространение на енергията е равна на груповата скорост.

Поучителна илюстрация на различния смисъл, който имат понятията фазова и групова скорост представлява разпространението на електромагнитни вълни в направляващи системи от типа на вълноводите [4].

В един вълновод електромагнитната вълна може да се разпространява свободно по неговата дължина само за честоти, които са по-големи от една критична честота f_c , характерна за геометрията на вълновода, $f > f_c$ и съответно за дължини на вълната, които да са по-малки от една критична дължина на вълната $\lambda < \lambda_c$. Фазовата скорост на електромагнитната вълна във вълновода се дава с:

$$v_p = \frac{v_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}} \quad (8)$$

където:

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_a \mu_a}} \quad (9)$$

е скоростта на светлината в средата, запълваща вълновода.

От (8) се вижда, че в един вълновод фазовата скорост е винаги по-голяма от скоростта на светлината, $v_p > v_0$. При дължина на вълната, равна на критичната, фазовата скорост става безкрайно голяма, а при нарастването на честотата, тя клони към скоростта на светлината в средата, изпълваща вълновода.

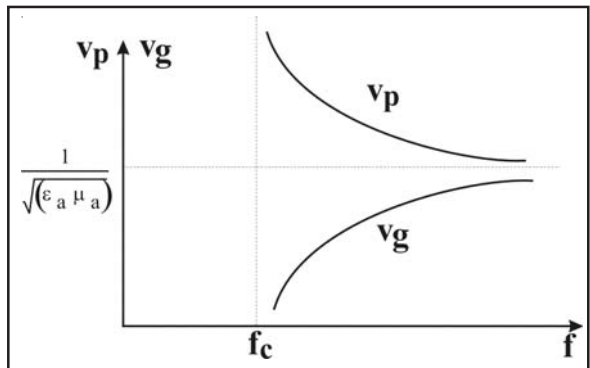
Що се отнася до скоростта, с която се разпространява електромагнитната енергия по вълновода, то тя съвпада с груповата скорост и се дава с формулата:

$$v_E = v_g = v_0 \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2} \quad (10)$$

Скоростта на разпространение на енергията по вълновода остава винаги по-малка от скоростта на светлината в средата, запълваща вълновода. При дължини на вълната, равни на критичната, тя става равна на нула, докато при големи честоти клони към скоростта на светлината – фиг. 1.

За всяка среда съществува специфична зависимост между вълновото число k и честотата на вълната ω , т.нар. дисперсионно съотношение $\omega = \omega(k)$. Така например за една оптически прозрачна среда $\omega = kc/n_r$.

За повечето познати ни от ежедневието среди, като въздух, вода, стъкло и др. показателят на пречупване намалява с увеличаването на дължината на вълната (расте с увеличаването на често-



Фиг. 1. Фазова и групова скорости във вълновод

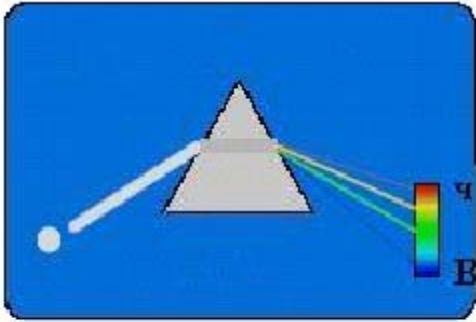
тата), т.е. $\frac{\partial n}{\partial \lambda} < 0$ и съответно $\frac{\partial v_p}{\partial \lambda} > 0$. Тези среди се наричат среди с нормална дисперсия. Такива вещества отклоняват синята светлина повече от червената – фиг. 2а. В тези вещества груповата скорост е винаги по-малка от фазовата, $v_g < v_p$.

В природата има и случаи, когато $\frac{\partial v_p}{\partial \lambda} < 0$ и $\frac{\partial n}{\partial \lambda} > 0$, т.е. когато показателят на пречупване расте с увеличаване на дължината на вълната. Това се нарича аномална дисперсия – фиг. 2б. Аномална дисперсия се среща в тези спектрални области, в които се наблюдава интензивно поглъщане на светлината. Аномална дисперсия отсъства в тези спектрални области, в които няма ивици на поглъщане.

За първи път аномална дисперсия е наблюдавана от Леру при изследване на преминаването на светлина през йодни пари. Аномална дисперсия демонстрират и различни бои (анилин, цианин и др.), които притежават много интензивни ивици на поглъщане във видимата част на спектъра.

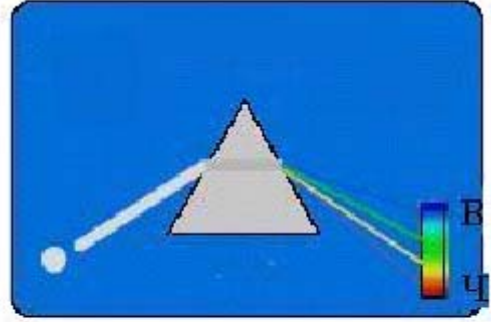
Ако формално приложим формулата на Рейли за случая на аномална дисперсия, то ще получим, че $v_g > v_p$, т.е. че груповата скорост е по-голяма от фазовата!

Явлението аномална дисперсия е подробно анализирано от А. Зомерфелд



Нормална дисперсия

А.



Аномална дисперсия

Б.

Фиг. 2. Нормална и аномална дисперсия

(Arnold Sommerfeld) [5] и от Л. Брилюен (Leon Brillouin) [6], които показват, че поради силното поглъщане и деформация на импулса самото понятие за групова скорост започва да губи смисъл. Те показаха, че независимо че имаме аномална дисперсия, нито енергия, нито информация може да се разпространява със скорост по-голяма от скоростта на светлината във вакуум. При толкова рязко изменение на показателя на пречупване, в близост до линията на поглъщане, прилагането на формулата на Рейли не е коректно и изчисляваната с помощта на тази формула групова скорост, която може да се окаже по-голяма от скоростта на светлината във вакуум, не съвпада със скоростта на разпространение на сигнала и на енергията.

Обяснението на Зомерфелд и Брилюен беше широко прието от физическата общност и с това въпросът за движение със свръхсветлинна скорост в материали с аномална дисперсия беше снет от дневния ред на физиката.

През 1970 г. обаче Г. Гарет (Geoffrey Garrett) и Д. Маккамбър (Dean McCumber) от лабораторията на Бел (Bell) показаха, че е възможно да се наблюдава един недеформиран Гаусов импулс с групова скорост, която е по-голяма от скоростта на светлината и дори може да бъде отрицателна, стига импулсът да е достатъчно тесен, а областта с аномална дисперсия малка [7].

Това беше експериментално потвърдено през 1982 г. от С. Чу (Steven Chu) – Нобелов лауреат за 1997 г. и С. Уонг (Stephen Wong) [8].

Те показаха, че гладкият Гаусов импулс се възстановява (reshape) от абсорбера, създавайки пик в място и време, съответстващи на предсказаната групова скорост. Изводите на Зомерфелд и Брилюен, че информация и енергия се разпространяват със скорост по-малка от скоростта на светлината във вакуум продължават да са валидни. Но понятието групова скорост в случая е напълно приложимо. По-голямата част от енергията на светлинния импулс се поглъща от средата, имаща аномална дисперсия. Енергията на премина-

лия импулс идва от предния фронт на първоначалния импулс, който никога не се движи по-бързо от светлината. Докато скоростта, с която се движи пикът на импулса е по-голяма от скоростта на светлината, то скоростите, с които се разпространяват енергията и информацията, остават по-малки от скоростта на светлината във вакуум.

В нормални условия веществата, проявяващи аномална дисперсия, не са прозрачни, така че не е възможно да се направи призма от подобен материал и да се наблюдава получаването на обърнат спектър, в който червената светлина ще се отклонява повече от синята, както това е показана на фиг. 2. Онова, което успяват да направят Л. Уанг и неговите сътрудници, е да направят прозрачен материал, притежаващ аномална дисперсия. Това те постигат чрез оптично лазерно напompване на камерата с цезиеви пари и чрез създаването по този начин на инверсна населеност на нивата в нея.

3. Отрицателна групова скорост

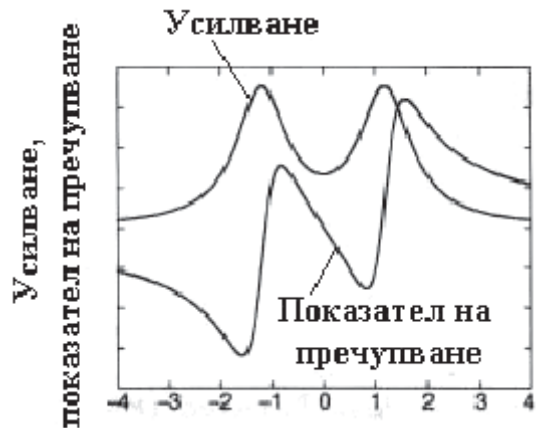
Това, което Уанг и сътр. наблюдават в техния експеримент може да се опише теоретично в рамките на класическия модел на електронната теория.

Разглеждат се две близко разположени спектрални линии с честоти $\omega_{1,2} = \omega_0 \pm \Delta/2$, $\Delta \ll \omega_0$. Всяка линия има едно и също затихване γ (ширина на линията). В експеримента на Уанг и сътр. са използвани две спектрални линии с $D/2\pi = 2$ MHz и ширина на линиите $\gamma/2\pi = 0.8$ MHz. При нормални условия цезиевите пари имат силно поглъщане на светлината в околността на спектралните линии. Но с помощта на два лазера, излъчващи на честоти ω_1 и ω_2 , за тези линии се създава инверсна населеност – фиг. 3. В класическия модел това може да се опише чрез приписване на отрицателна сила на съответните осцилатори.

Разглежда се груповата скорост на вълнов пакет центриран между двете спектрални линии, т.е. при честота ω_0 . При определени условия относно Δ и γ груповата скорост може да стане отрицателна, $v_g(\omega_0) < 0$.

Х. Лемб (Н. Lamb) посочва за първи път през 1904 г., че при аномална дисперсия е възможно съществуването на отрицателна групова скорост, т.е. на групова скорост, насочена противоположно на фазовата скорост. Фон Лауе (von Laue) достига до същия извод през 1905 г.

През последните години има за-



Фиг. 3. Коефициент на усилване и показател на пречупване за цезиевите пари в експеримента на Уанг и сътр.

силен интерес към възможността за съществуването на отрицателна групова скорост за случая на аномална дисперсия в среда с усилване.

От формулата на Лоренц се вижда, че ако показателят на пречупване намалява рязко с честотата, груповата скорост може да стане отрицателна. Това може да се случи в околността на една линия на поглъщане, когато имаме аномална дисперсия [6]. Но силното поглъщане на светлината прави много трудно това явление да се наблюдава. Р. Чиао и сътр. предлага за наблюдаване на отрицателна групова скорост да се използва среда с инверсна населеност, така че вместо поглъщане на светлината в интересувашата ни спектрална област да имаме нейното усилване [9, 10].

Именно това е направил Л. Уанг със своите сътрудници, използвайки две близко разположени усилващи светлината спектрални линии. Екипът на Уанг измерва групова скорост равна на $v_g = -c/310$.

Идеята да се използва двойка близко разположени усилващи спектрални линии е дадена за първи път от А. Стайнберг и Р. Чиао [11].

Показва се, че за да имаме отрицателна групова скорост е необходимо разделението между двете усилващи линии Δ да е:

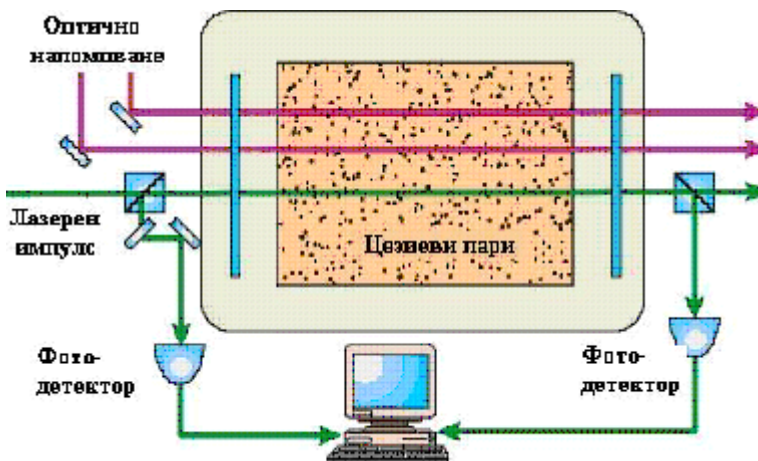
$$\Delta \leq \sqrt{2} \omega_p \tag{11}$$

където:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{4\pi N e^2}{m}} \tag{12}$$

е плазмената честота. В (12) N е плътността на атомите, а e и m – зарядът и масата на електрона.

4. Обяснение на експеримента на Л. Уанг и сътрудници



Фиг. 4. Експеримент на Л. Уанг и сътр.

Опитната постановка, използвана от Уанг и сътр., е показана на фиг. 4.

В своя експеримент Л. Уанг и неговите сътрудници използват като активна среда цезиеви атоми, поместени в еднородно магнитно поле. Когато атом се постави в слабо магнитно по-

ле, то това поле предизвиква Зеemanово разцепване на енергетичните нива, снемайки израждането по магнитното квантово число. Цезият е алкален метал със златист цвят. Той има един валентен електрон. Конфигурацията на електронната му обвивка е: $1s^2, 2s^2 p^6, 3s^2 p^6 d^{10}, 4s^2 p^6 d^{10}, 5s^2 p^6, 6s^1$. Енергетичните нива на цезиевите атоми, които са съществени за обясняването на проведенения експеримент, са показани на фиг. 5.

Първоначално с помощта на облъчване на камерата с лазер, излъчващ кръгово поляризирана светлина, валентните електрони на цезиевите атоми се привеждат в състояние $|1\rangle$. Използваната техника за привеждане на Cs атоми в едно определено спиново състояние се нарича „оптично напмпване“. Тя е предложена от А. Кастлер (Alfred Kastler), Нобелов лауреат за 1966 г. Тя се базира на комбинация от облъчване с поляризирана светлина и спонтанно излъчване. Ако атомът се облъчва с кръгово поляризирана светлина, с дясна поляризация, правилото за отбор за магнитното квантово число е $\Delta m = +1$, докато правилото за отбор в общия случай е: $\Delta m = 0, \pm 1$. Оптичното напмпване привежда електроните в състояние с най-голямо квантово число m_F ($F = J+I$), когато пълният ъглов момент на електроните $J = L+S$ е насочен по ядрения момент I (т.нар. dark state).

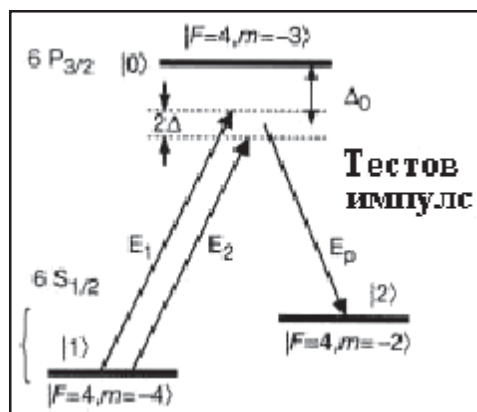
След това камерата се облъчва с два интензивни лазера E_1 и E_2 , имащи много близки честоти на излъчване. Освен това техните честоти на излъчване са близки до честотата, отговаряща на прехода между нивата $|1\rangle$ и $|0\rangle$.

Тестовият лазерен импулс има много по-малък интензитет и честота близка до честотата, отговаряща на прехода $|0\rangle \rightarrow |2\rangle$.

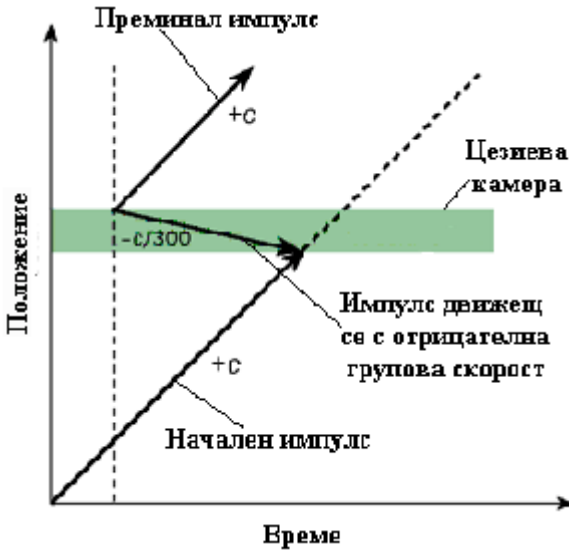
Чрез много внимателно подбиране на честотите на тези три лазера се създават условия, при които слабият (пробен) лазерен импулс E_p се разпространява в активната среда с отрицателна групова скорост. Двата интензивни лазера E_1 и E_2 създават инверсна населеност и два близко разположени пика на усилване на светлината. Между тези две спектрални линии на усилване се разполага област с аномална дисперсия – фиг. 3.

Валентният електрон, който първоначално е бил в състояние $|1\rangle$ прави преход до състояние $|2\rangle$. Пробният лазерен импулс получава малко усилване, което е необходимо за компенсиране на загубите в средата.

Ефектът се наблюдава в една тясна спектрална ивица.

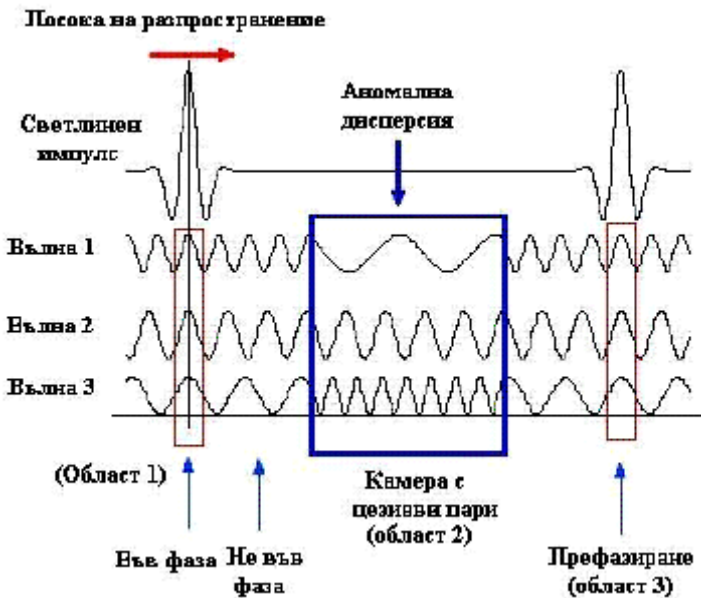


Фиг. 5. Енергетични нива на цезиевите атоми в експеримента на Л. Уанг и сътр.



Фиг. 6. Пространствено-времева диаграма на разпространението на тестовия лазерен импулс в експеримента на Л. Уанг и сътр.

Последователността на събитията е следната – фиг.6.



Фиг. 7. Механизъм на префазирание на съставляващите импулса вълни от камерата с цезиеви пари.

Както показва самият Уанг, проведеният от него и от неговите сътрудници експеримент може да се обясни с помощта на съществуващи физични модели. Ето накратко това обяснение.

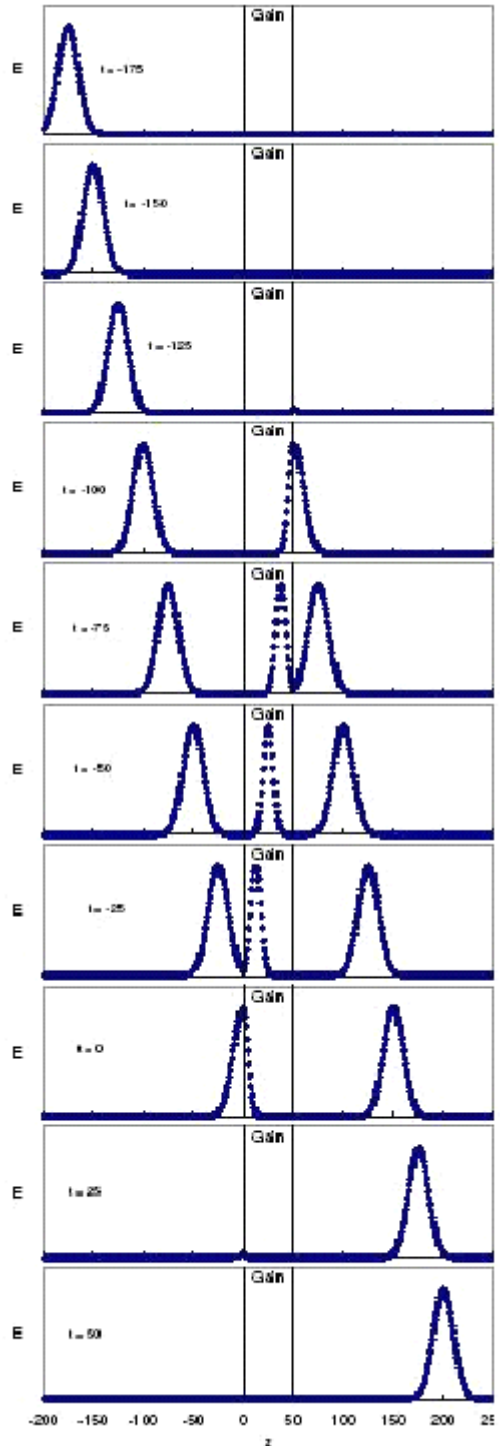
Далеч пред началния светлинен импулс се движи неговият преден фронт или предвестник. Този предвестник на главната част на импулса има нисък интензитет. В експеримента на Уанг и сътр. от този нискоинтензивен предвестник камерата с цезиеви пари съумява да реконструира първоначалния импулс. Това реконструиране се случва много преди главната част на първоначалния импулс да е навлязла в камерата.

В началния момент имаме падащ към камерата светлинен импулс и неговия нискоинтензивен преден фронт, който се простира далеч пред главния пик на импулса. Този далечен преден фронт достига до камерата много преди главната част на импулса. От вълните, съставляващи този предвестник на основния максимум, цезиевата камера успява да реконструира първоначалния импулс. Механизмът е следният – фиг. 7.

Един вълнов импулс може да се разложи спектрално на голям брой съставляващи го монохроматични вълни с различна дължина на вълната (честота). Три от тези компоненти на импулса са показани на фиг.7. Във въздуха пред цезиевата камера тези три вълни се сумират във фаза в областта 1, формирайки пик на падащия към камерата импулс. Малко след максимума на импулса трите, показани на фиг. 7, вълни вече не са във фаза и се анулират една друга.

В камерата с цезиеви пари средата притежава аномална дисперсия за честотата на тестовия импулс. Чрез оптично напompване на цезиевите атоми с помощта на два лазера с близки честоти на излъчване в нея е създадена инверсна населеност на нивата. Така камерата с цезиеви пари от поглъщаща светлината е станала прозрачна и усилваща. Поради аномалната дисперсия показаните на фиг.7 вълни претърпяват в камерата модификация. Вълната с по-малка дължина на вълната (вълна 1) се разтяга, докато вълната с по-голяма дължина на вълната (вълна 3) се свива. Съответно се променят и фазите на тези съставляващи импулса вълни.

Когато трите вълни на фиг. 7 напуснат цезиевата камера и навлязат във въздуха зад нея, техните оригинални дължини се възстановяват. Но поради



Фиг. 8. Моделиране на разпространението на Гаусов импулс през среда с отрицателна групова скорост, разположена при $0 < z < 50$. Груповата скорост в усилващата среда е положена равна $v_g = -\frac{c}{2}$, а скоростта на светлината е положена $c=1$.

специфичната фазова модулация на вълновите компоненти на импулса от активната среда в камерата тези три вълни се оказват отново във фаза в областта 3, разположена зад камерата. В областта 3 трите вълни се сумират отново и формират нов пик, имащ точно същата форма и същия интензитет, както началния импулс. Описаният механизъм е наречен от Уанг префазиране (rephasing).

След като разгледахме механизма на префазиране да се върнем отново към показаната на фиг. 6 пространствено-времева диаграма на събитията.

По описания по-горе механизъм на префазиране, далеч преди началния импулс да е достигнал до близката стена на камерата, в нея се формират два идентични на него нови импулса.

Единият от тези два нови импулса напуска камерата от по-далечната ѝ стена и продължава своя път във въздуха зад камерата с групова скорост, равна на скоростта на светлината.

Вторият от двата нови импулса се разпространява от далечната стена на камерата обратно към близката ѝ стена. Неговата групова скорост е отрицателна и в експеримента на Уанг и сътр. е равна на $-c/310$.

Този обратен импулс, движейки се много бавно, достига до близката стена на камерата точно в момента, в който първоначалният светлинен импулс достига до нея. Максимумите на единия импулс съвпадат с минимумите на другия и двата импулса анихилират.

Уанг показва, че при тази анихилация на двата импулса, първоначалният импулс връща обратно на цезиевите атоми енергията, която те временно „са дали на заем“, за създаването на напусналия преди това камерата импулс.

Един наблюдател, който регистрира само началото и края на експеримента, вижда просто как един светлинен импулс скача далеч напред със скорост 310 пъти по-голяма от c !

На фиг. 8 са показани резултатите на К. Макдоналд (Kirk T. McDonald) по моделиране на разпространението на светлинния импулс в експеримента на Уанг и сътр. [12]

5. Последващи експерименти

В своя експеримент Л. Уанг и неговите сътрудници наблюдават скоростта, с която се премества пикът на един Гаусов импулс. Един гладък импулс обаче не може да пренася информация. От регистрирането на една малка част на такъв импулс може да се реконструира целият импулс. Информацията може да се закодира само чрез създаването на прекъсвания на импулса. Тези прекъсвания отговарят на двоичните нула и единица.

Подобен експеримент е проведен през 2003 г. от Д. Готие и М. Стенър от университета „Дюк“ (Duke) и М. Найфелд от университета в Аризона, САЩ [13].

Вместо камера с цезиеви пари те използват камера, запълнена с калиеви пари.

Те създават две прекъсвания на Гаусовия светлинен импулс и наблюдават кога сигналът се появява зад камерата. Заключениеето, направено от този експеримент е, че информацията се разпространява със скорост, която е малко по-малка от скоростта на светлината във вакуум.

Литература

- [1] L. J. Wang, A. Kuzmich, A. Dogariu. Gain-assisted superluminal light propagation. *Nature*, v. 406, pp. 277-279, 2000.
- [2] A. M. Steinberg, R. Y. Chiao. Dispersionless, highly superluminal propagation in a medium with gain doublet. *Phys. Rev.*, v. A49, pp. 2071-2075, 1994.
- [3] Н. И. Калитевский. Волновая оптика. Наука, М., 1971
- [4] В. И. Вольман, Ю. В. Пименов. Техническая электродинамика. Связь, М., 1971
- [5] А. Зоммерфельд. Оптика. ИЛ, М., 1953
- [6] L. Brillouin. *Wave Propagation and Group Velocity*. Academic Press, NY, 1960
- [7] G. B. Garrett, D. E. McCumber. Propagation of a Gaussian light Pulse through an Anomalous Dispersion Medium. *Phys. Rev.*, v. A1, pp. 305-313, 1970.
- [8] S. Chu, S. Wong. *Phys. Rev. Lett.*, v. 48, p.738, 1982
- [9] R. Y. Chiao. Superluminal (but causal) propagation of wave packets in transparent media with inverted atomic population. *Phys. Rev.*, v. A48, pp. R34-R37, 1993
- [10] E. L. Bolda, J. C. Garrison, R. Y. Chiao. Optical pulse propagation at negative group velocities due to a nearly gain line. *Phys. Rev.*, v. A49, pp. 2938-2947, 1994
- [11] A. M. Steinberg, R. Y. Chiao. Dispersionless, highly superluminal propagation in a medium with a gain doublet. *Phys. Rev.*, v. A49, pp. 2071-2075, 1994
- [12] K. T. McDonald. Negative Group Velocity. *Am. J. Phys.*, v. 69, p. 607, 2001
- [13] M. D. Stenner, D. J. Gauthier, M. A. Neifeld. *Nature*, 16 October 2003.

МЕТАМАТЕМАТИКАТА НА ГЪДЕЛ И СЪВРЕМЕННАТА (МЕТА)ФИЗИКА

Михаил Бушев

I. Встъпителни бележки. Проблемът.

1.1. За философските основи на фундаменталната физика

В началото на тази година известният канадски физик теоретик Лий Смолин публикува остро написана статия, озаглавена *Криза във фундаменталната физика*^[1]. Подзаглавието уточнява за какво става дума: *С предлаганите безкрайно много вселени и с повече от 10^{400} теории възможно ли е да се говори за експериментално доказателство на физическите закони?*

Смолин е смутен от тенденцията да се търси математическа съгласуваност в теориите без оглед на възможностите за експериментална проверка. Патосът на статията е в апела за връщане към философския стил на теоретизиране във физиката, характерен за творчеството на Болцман и Поанкаре, Айнщайн и Бор, Шрьодингер и Хайзенберг. *Тези учени, пише Смолин, обсъждат своите проблеми в светлината на философските традиции, докато пресмятанията оставят на втори план.*

Призивът за философска обосновка на фундаменталната физика започва да се споделя от все повече физици – теоретици и експериментатори, – търсещи обединена теория на квантите и гравитацията.

Но какво значи да се продължи философската традиция, наследена от бащите на съвременната физика? Да си спомним крилатата фраза на Нилс Бор: *Противоположната на една голяма идея е друга голяма идея.* Едва ли Бор не е разбирал, че това е явно отричане на основното правило на Аристотеловата логика – правилото за изключеното трето. Правилото, че едно твърдение е или истинно или неистинно, е автореферентно (самопозоваващо се), защото то самото е твърдение, и като такова също може да е истинно, а може и да е неистинно.

По този начин философското виждане на Бор недвусмислено ни въвежда в сферата на логика, изградена около автореферентни изказвания с парадоксална природа. Такава именно е логиката, която възниква от теоремите на Гьодел. Но тогава се изправяме пред въпроса: има ли логиката на Гьодел влияние върху съвременната физика и какво може да е то?

В статията си *Бележки относно теорията на познанието на Бертран Ръсел* (1944) Айнщайн посочва, че крайностите на платонизма (познание само чрез чистото мислене) и на наивния реализъм (познанието иде единствено от нашите сетива) са заблуда. Познанието е своеобразна „игра“ на тези две крайности, а арбитър в тази игра е логиката.

Едва ли можем да се съмняваме в особената привилегия на логиката да бъде арбитър в научните и философските търсения. Можем да редуцираме науката до математика, а математиката до логика, но едва ли има нещо, до което да се редуцира логиката.

1.2. Загадката около творчеството на Гьодел

Ако признаваме тази роля на логиката, би трябвало да очакваме, че творчеството на Курт Гьодел (1906-1978), наречен „най-великият логик след Аристотел“, ще има огромно влияние не само върху математиката, но и върху цялата наука. Но, учудващо(!), това не е така. Неговото име е малко известно извън професионалните общности на логици и математици, а за живота му се знае поразително малко^[2].



Този факт едва ли се дължи на сложния и абстрактен характер на неговите трудове. Такива са и трудовете на неговия най-добър приятел А. Айнщайн. Но докато теориите на Айнщайн биват възприети като триумф на нашето знание за природата, Гьоделовите теореми, по думите на математика Морис Клайн, имат ефекта на „трус“, последван от „бедствия“ в логиката и математиката^[3].

Трябва да посочим, че след първоначалния шок математиците логици проявяват непрестанно растящ интерес към творчеството на Гьодел. Това е естествено^[4]. Учудващо обаче е друго. За Гьодел пишат и автори с подчертан вкус към фундаменталната физика (вж. напр. извънредно популярната в света книга на Д. Хофстадер^[5], излязла преди няколко години и на руски, както и книгата на преждевременен напусналия ни талантлив български логик Георги Гаргов^[6]), но тези автори не споменават нищо за физиката в контекста на Гьоделовата логика.

Знаем, че аксиоматичният подход във физиката бележи началото си още с Нютоновите *Принципи*, а в днешно време все по-често се прилага^{[7],[8]}. Но, доколкото знам, името на Гьодел не се среща в аксиоматиката на съвременната физика.

Забележително е, че самият Гьодел е имал интереси в теоретичната физика. На него принадлежи решение на Айнщайновите уравнения на ОТО, допускащи пътуване в миналото. Той живо се е интересувал от модела на въртящата се вселена, интересувал се е и от други области на науката. Той обаче никога не споменава за възможно отражение на неговата логика върху физическата теория. Дори е бил враждебно настроен към допускането на възможна връзка между неговите теореми за непълнота и Хайзенберговия принцип на неопределеността (по спомените на Джон Уилър).

Въпросът е: може ли една радикална промяна в логиката да не намира отражение в науката и конкретно във физиката? А ако все пак такова отражение има, как се изразява то?

II. Парадокси на автореферентността, теореми на Гьодел и метаматематика

2.1. Аксиоматични системи

Аксиоматичният метод води началото си от платониците, според които самоочевидната истина, „аксиома“, е априорно знание. Аристотел (*Втора аналитика*) внася същественото уточнение, че при изводите някои понятия и твърдения трябва да останат неопределени, тъй като в противен случай доказателството не би имало начало.

Ако всички факти от една научна област се извеждат от неголям брой независими аксиоми, тази област допуска аксиоматизация.

Системата от аксиоми трябва да е непротиворечива и пълна. *Непротиворечива* означава никои две теореми, изведени от тези аксиоми, да не си противоречат. *Пълна* означава, че от нея може да се изведе всяка теорема, която е валидна в тази област. С други думи една логическа система е пълна, ако всички истини в езика на тази система могат да се изведат от нейните аксиоми. Системата е непротиворечива, ако в нея няма твърдение, което едновременно е вярно и невярно.

Убеждението, че всички логически системи трябва да са пълни и непротиворечиви, лежи в основата на знаменитата Хилбертова програма (1900): да се намери рецепта, по която да се проверява истинността на всяко математическо твърдение. Логическата система, съставена само от проверими по този начин твърдения, се нарича разрешима.

Три десетилетия по-късно (1931) Гьодел показва, че очакванията на Хилберт не са оправдани за повечето логически системи. Вероятно по този повод е неговата знаменита фраза: *Смисълът на света е в отделянето на желаното от факта.*

Има съществена разлика между аксиоматичните системи в математиката и във физиката. В математиката те се избират (по определени критерии). Във физиката те се определят в съответствие с установените експериментални факти и закономерности. По повод това различие Ю. Уигнър казва: *Ако в математиката аксиоматизираме, за да разберем, то във физиката трябва отначало да разберем, за да можем после да аксиоматизираме.*

Това обяснява защо е толкова съществен проблемът за интерпретацията във физическите теории.

2.2. Автореферентност, парадокси

Автореферентността (АР) или самопозоваването е вид съждение (прави-

ло, закон, теория), което описва себе си в рамките на своята собствена символика.

AP често (но не винаги) поражда парадокси. Популярен е парадоксът „лъжец“: „Аз лъжа“ (ако лъжа, казвам истината, а ако казвам истината, лъжа и т.н. до безкрай).

2.3. Метаезици и метаматематика на Гьодел

Когато изказваме съждения относно езика на една логическа система, ние използваме друг език – метаезик. Когато се изказват твърдения относно дадена математическа структура, тези твърдения съставят метаматематика. Йерархията на метаезиците няма граници.

Оценката за верността на твърденията в един конкретен език може да се осъществи само вън от този език, т.е. с помощта на метаезик (А. Тарски, 1939).

Гьодел успява да покаже, че твърденията на метаматематиката могат да се разглеждат като твърдения за математиката и така втъкава AP в доказателството на своите теореми за непълнота. За целта той използва аксиоматиката на Джузепе Пеано (1889) – формализация на аритметиката. Гьодел показва, че всяко синтактично правилно твърдение в аритметиката на Пеано може да се представи с единствено цяло число (наречено Гьоделово число). Всеки символ в твърдението се замества с различен низ от цели числа. (Например, ако представим „1“ с 01, „2“ с 02, „+“ с 10 и „=“ с 11, то Гьоделовото число за $1+1=2$ е 0110011102.) Това позволява еднозначно да се запишат твърдения, които са относно твърдения. В частност могат да се запишат автореферентни твърдения – такива, които включват собственото си Гьоделово число. Оттук Гьодел показва, че или системата е несъгласувана, или е непълна, т.е. съществуват верни твърдения, които не могат да се получат от аксиомите по правилата за извод.

2.4. Теоремите на Гьодел

Те са публикувани в статията *За формално неразрешимите твърдения* (1931). Двете теореми за непълнота са:

I Теорема: Непротиворечивостта на всяка достатъчно мощна математическа система, която обхваща аритметиката на целите числа, не може да се установи със средствата на самата система.

II Теорема: Ако една формална теория, включваща аритметиката на целите числа, е непротиворечива, то тя е непълна. (Т.е. в такава система съществуват смислени твърдения, които в рамките на дадената теория не могат нито да се докажат, нито да се опровергаят).

Ясно е, че теоремите на Гьодел представляват отрицание на закона за изключеното трето. Ако едно твърдение не може нито да се докаже, нито да се отхвърли, то не може да се разглежда нито като истинно, нито като неистинно. Това е в съответствие с вече споменатата автореферентност на този закон.

От теоремите следва, че никога не може да се създаде пълен и непротиворечив краен списък от аксиоми. Всеки път, когато се добави ново твърдение или аксиома, винаги ще има други истинни твърдения, които не могат да се докажат даже с новата аксиома.

По такъв начин теоремите на Гьодел не допускат идеала на науката, а именно да се създаде такава съвкупност от аксиоми, от които да бъдат изведени всички явления на обективния свят (т.е. теория на всичко). Именно този извод е източникът на първоначалния песимизъм, възникнал сред математиците и физиците (по този повод Херман Вайл казва: *Теоремите на Гьодел изтощават ентузиазма на учените*). По-късно обаче мнозина намират, че Гьоделовата логика е по-красива с нейната непълнота (Г. Харди, Ф. Дайсън, Ст. Хокинг).

Един метафоричен аналог на Гьоделовите теореми е, че в крайна сметка ние не можем да разберем собствения си ум. Така както не можем да видим лицето си със собствените си очи, ние не можем да изразим своите пълни умствени структури чрез символите, които ги представят.

Фактът, че никога не можем изчерпателно да опишем самите себе си, е дълбоко залегнал в същността на творчеството както в изкуството, така и в науката.

III. Теоремите на Гьодел и (мета)физиката

3.1. Условието на теоремите и физиката

Теоремите на Гьодел доказват, че ако една формална система е:

- (i) дефинирана за краен брой аксиоми, подредени в списък;
- (ii) достатъчно богата, за да обхваща аритметиката;
- (iii) непротиворечива,

то тя е непълна.

а) Отново ще посочим, че в математиката аксиомите се избират, докато във физиката те се откриват. При това във физиката множеството от аксиоми (физически закони) далеч не е единствено. Например в теорията на суперструните съществуват множество различни, логически непротиворечиви математически структури. Възниква обаче подозрението, че това са различни представяния на една теория – т.нар. М-теория.

б) Възможно е да се окаже, че във физиката условието (i) се нарушава. Например може да се окаже, че броят на фундаменталните закони не е краен. Тогава можем да сметнем, че описанието на природата е пълно и непротиворечиво, но то не може да се обхване с краен брой аксиоми.

в) Възможно е във физиката условието (ii) да се нарушава. На пръв поглед използваните във физиката математически системи са значително по-богати от аритметиката. Но дълбочинната структура на вселената може да е основана върху много по-проста логика от тази на аритметиката на Пеано и

поради това да е пълна. (Вж. напр. монографията^[9], където се допуска, че дълбочинната структура на пространство-времето е достатъчно пълна и проста „прагео.метрия“).

г) За физиката (науката изобщо) много по-важно е не системата да е пълна, а да е правилна. От една страна даже логическата система да е пълна, тя винаги съдържа недоказуеми истини; това са аксиомите на системата. От друга страна непълнотата на физическата теория се компенсира чрез разширяването ѝ с нови принципи (аксиоми). Например по този начин стандартният модел се разширява, за да обхване наблюдавания факт за ненулева маса на неутриното.

3.2. Информационни аспекти на теоремите

През 1970-1980 Г. Чейтин, А. Колмогоров и др. показаха, че теоремите на Гьодел могат да се преформулират на езика на информацията. Това позволи по нов начин да се оценят следствията от теоремите на Гьодел за физиката.

Науката се стреми да уплътнява веригите от факти за природата в природни закони. Уплътнима е верига от символи, която може да бъде заменена с по-къса от нея формула (или правило). Ако веригата не може да бъде скъсена, тя е неуплътнима (тези неща са прекрасно обяснени в книгата на М.Гел-Ман^[10]).

Следствие от теоремите на Гьодел е невъзможността да се докаже, че една верига от символи е неуплътнима (т.е. че информационната верига е минимизирана и повече не може да се уплътнява). Поради това никога не можем да знаем дали една теория е окончателна или не. Така опираме до метафизичните въпроси за възможен „край“ на научното изследване (и конкретно в теоретичната физика^[11]), а така също за творческите аспекти на изкуството и науката.

От невъзможността да се определи дали една програма за решаване на дадена задача е най-къса (минимална) следва, че всяка програма по принцип съдържа излишество от информация. От тук следва, че даже ако една машина е идеална, т.е. свободна е от всякакви физически загуби, в нея все пак ще остава своеобразна логическа дисипация (информационни загуби).

3.3. Тюрингов компютър

Широка област на сближаване между теоремите на Гьодел и физическите теории е въпросът за изчислимостта в светлината на *проблема на спирането* при универсалния Тюрингов компютър, т.е. дали този компютър може след краен брой операции да стигне до решение и да спре. Ако даден математически въпрос не може да се реши с краен брой операции на универсалния компютър, той е неизчислим. Връзката на така поставения проблем с теоремите на Гьодел е разкрита от Алън Тюринг през 1936.

Оказва се, че във физиката има множество проблеми, чиято (не)изчислимост се определя по критерия на Тюринг (т.е. в крайна сметка с помощта на Гьоделовите теореми). Такъв е въпросът дали съществува алгоритъм, по

който да се определи дали едно равновесие е устойчиво или не; задачата е неизчислима^[12]. Също неизчислим е въпросът дали орбитата на една частица ще стане хаотична^[12]. Даже при прости диференциални уравнения (например вълновото уравнение) възникват неизчислими задачи, когато началните данни не са достатъчно гладки^[13]. В ОТО въпросът дали едно точно решение на Айнщайновите уравнения е съществено ново или е вече известно решение, но записано в различен вид, също няма общо решение.

Тези примери показват, че логиката на Гьодел дава полезни критерии, които играят ролята на „филтър“ в конкретната физическа проблематика.

IV. Заключителни бележки

Теоремите на Гьодел ни приближават съвсем плътно до областта на човешкото познание, в която престава да действа обичайната логика. В този смисъл те, по думите на Г. Гаргов, са *индикатори на границите на познанието*^[6]. А разкриването на границите е доминанта на всеки познавателен процес.

Теоремите на Гьодел дават критерии и аргументи в обсъждането на интердисциплинни и метафизични теми, каквито са въпросите за:

- сложност и уплътнимост на алгоритмичното информационно съдържание^[10];

- окончателна теория, теория на всичко и „край“ на физиката^[11];

- творчеството в изкуството и в науката като процес на *превръщане на непредсказуемостта в неизбежно* (П. Буле) и уплътняване на програма;

- разум (съзнание) и материя^[14].

Интересен проблем възниква във връзка с мястото на автореферентността в Гьоделовата логика и в причинно-следствените връзки. Благодарение на обратната връзка, както знаем, следствието оказва въздействие върху причината и в този смисъл между причина и следствие се установява своеобразна автореферентност. Примерите са многобройни: вариационни принципи в механиката и принцип за екстремното действие, принцип на Ферма, принцип на Льо Шателие-Браун, еволюционните процеси, самоорганизацията, метаболизмът, работата на имунната система и т.н. Любопитно е дали природата решава парадокси от типа на автореферентните и от какъв тип логика се ръководи при това.

Казаното дотук като че ли наклонява везните към схващането, че ролята на Гьоделовите теореми освен метаматематична е също така главно метафизична. Само че и тук възгледът на Гьодел е повече от изненадващ. Той вярва, че интуицията, която ни позволява да „виждаме“ истините на математиката и науката, е инструмент, който един ден ще бъде така високо ценен, както сега е ценена самата логика.

Не виждам причина да имаме по-малко доверие в този вид възприятие, т.е. в математическата интуиция, отколкото в сетивното възприя-

тие, което ни кара да строим физически теории и да очакваме, че бъдещите сетивни възприятия ще се съгласуват с тях, а освен това да вярваме, че въпрос, който сега не е разрешим, има смисъл и в бъдеще може да бъде разрешен^[15].

Гьодел открива във физиката път към миналото. Дали в математиката той не е открил далечната еволюция на *Homo sapiens*?

Бележки и цитирания

[1] Lee Smolin. *A Crisis in Fundamental Physics*. „Update“, New York Academy of Sciences Magazine, Jan-Febr (2006). Вж. „Светът на физиката“, 2'2007, с. 154.

[2] Много полезна информация относно творчеството и живота на К. Гьодел се съдържа в биографичния очерк на акад. Иван Тодоров *ЛОГИКА И ВЯРА. Сто години от рождението на Курт Гьодел*. Материалът е поместен в бр. 1 на сп. *Светът на физиката* (2007). Използвам случая да благодаря на акад. Тодоров за любезно предоставения ми ръкопис.

[3] M. Kline. *The Loss of Certainty*. Oxford Univ. Press, NY (1980), (Ch. XII).

[4] У нас голяма популярност доби цикълът от лекции на група български математици *Сказки по логика*, Унив. Изд-во „Св. Климент Охридски“, София, (1990).

[5] D. Hofstadter. *GOEDEL, ESCHER, BACH: an eternal golden braid*. Random House Inc., NY (1979).

[6] Г. Гаргов. *Запомнени думи*. София (1997).

[7] Вж. напр. монографията на Н. Боголюбов, А. Логунов, И. Тодоров, *Основы аксиоматического подхода в квантовой теории поля*. „Наука“, М. (1969).

[8] А. Петров, С. Петров, *КВАНТОВА МЕХАНИКА: интерпретации и алтернативи 1927-1987*. „Н и И“, С. (1989).

[9] C. Misner, K. Thorne, J. Wheeler. *Gravitation*. Freeman, San. Fr. (1973)

[10] М. Гел-Ман. *Кваркът и ягуарът*. „Прометей-ИЛ“, С.(2006).

[11] По този повод интересна е дискусиата, която Стивън Хокинг води сам със себе си, тъй като през 1980 той говори за възможен „край“ на теоретичната физика, а през 2006 опроверга това с публикацията в Internet, озаглавена *Гьодел и краят на физиката*.

[12] N. da Costa, F. Doria. *Int. Journ. Theor. Phys.*, **30**, 1041 (1991).

[13] M. Pour-El, A. Richards. *A computable ordinary differential equation which possesses no computable solution*. *Annals of Mathematical Logic*, **17**, 61 (1979).

[14] Р. Пенроуз. *Новият разум на царя*. Унив.изд. „Св. Климент Охридски“, София (1998).

[15] K. Goedel. *What is Cantor's Continuum Problem?* *Philosophy of Mathematics*, ed. P. Benacerraf and H. Putnam. Prentice-Hall, NJ (1964) p. 483 (цитат по: J. Barrow, *IM-POSSIBILITY*. Vintage, London, 1999).

КОПЕНХАГЕНСКАТА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

К. Ф. Вайцзекер

Дойдох да похваля кванта, а не да го погребя.
Ф. Боп



Може да се мисли за две съображения в желанието да се отиде извън квантовата теория: неудовлетвореност от настоящето състояние на теорията и обща вяра в бъдещ прогрес. В тази част ще разгледаме първото съображение, а в част VI на тази книга – второто.

Няма основания да сме недоволни от успеха на квантовата теория, с възможно изключение за трудността в съгласуването ѝ с теорията на относителността в квантовата теория на полето на взаимодействащите частици.

Тази трудност обаче принадлежи на незавършена теория и физикът може с добро основание да вярва, че тя ще изчезне с изграждане на физиката на елементарните частици; аз ще се върна накратко към това в четвърти раздел на моя доклад в част VI. По такъв начин изглежда, че математическият формализъм на квантовата теория и нейният обикновен начин на приложение към практическите проблеми не се нуждаят от подобрене.

От друга страна, през последните десетилетия има значителна неудовлетвореност от това, което обикновено се нарича копенхагенска интерпретация на квантовата теория. Аз бих предпочел да я наричам копенхагенска интерпретация на формализма, интерпретация, чрез която на формализма е дадено достатъчно ясно значение, за да стане част от физична теория. Така казано, аз изразявам мнението, че копенхагенската интерпретация е правилна и необходима. Но трябва да прибавя, че интерпретацията, по мое виждане, никога не е била напълно изяснена. Тя самата се нуждае от интерпретация и само това ще бъде нейна защита. Това положение обаче не бива да изненадва, ако разбираме, че тук се отнася до основни проблеми на философията. Да използваме прост пример: не би трябвало да се очаква по-лесно да се разбере атомът, отколкото числото; и битката между логицизма, формализма и интуицизма за значението на числото е засега несъмнено решена.

В настоящия доклад няма да разглеждаме този въпрос в пълния му философски обсег. Аз само ще обърна внимание какво считам за решаващ пункт на копенхагенската интерпретация. Тази гледна точка е разгледана, но не много сполучливо изразена в известното твърдение на Бор, че всички опити

трябва да се описват в класически термини. Поддържам, че това твърдение, ако се тълкува правилно, е вярно и съществено; неговата главна слабост е недостатъчното разясняване на смисъла на думата „класически“. Неговото изясняване е трудно и необходимо, защото твърдението на Бор подразбира привиден парадокс: класическата физика е заменена от квантовата теория; квантовата теория се проверява чрез опити; опитите трябва да се описват в термини на класическата физика. Парадоксът може да бъде решен само чрез излагането му колкото може по-изострено.

В полза на изясняването ще кажем, че Бор не беше позитивист и ето защо. Преди няколко години Е. Телер ми напомни за две забележки на Бор, направени когато бяхме заедно в неговия институт. Една от тях беше направена след изказване на Бор на конгрес на философите позитивисти. Бор беше дълбоко разочарован от тяхното благосклонно възприемане на всичко, което беше изрекъл за квантовата теория и ни каза: „Ако човек не се почувства зашеметен, когато научи за пръв път за кванта на действието, той не е разбрал и дума“. Те възприеха квантовата теория като израз на опита и това беше техният *Weltanschauung* (светоглед) да се възприема опитът, проблемът обаче беше точно как такова нещо би могло да бъде опит.

Копенхагенската интерпретация често е представяна погрешно от някои нейни привърженици, като ѝ се приписва твърдението, че това, което не може да се наблюдава, не съществува. Това е логически некоректно. Това, от което копенхагенската интерпретация се нуждае, е само по-слабото твърдение: „това, което се наблюдава, несъмнено съществува; относно това, което не е наблюдавано, засега обаче сме свободни да правим подходящи допускания“. Тази свобода след това се използва, за да се избегнат парадокси. Така, хайзенберговата дискусия за мислени експерименти относно принципа на неопределеността не е повече от отхвърляне на обвинението за противоречивост. Ако възприемем формализма на квантовата теория в нейната обикновена интерпретация, трябва да допуснем, че тя не съдържа състояние, в които частицата има както добре определено положение, така и добре определен импулс; изключването на тези състояния изглежда съществено*, за да се избегнат противоречията с вероятностните предсказания на теорията. Повдига се възражението, че както положението, така и импулсът могат да се измерят и следователно съществуват. Това възражение се противопоставя на твърдението, че ако квантовата теория е коректна, положението и импулсът не могат да се измерят едновременно и следователно защитникът на квантовата теория не може да се принуди да приеме, че те съществуват ед-

* Тук оставяме настрана въпроса дали могат да се избегнат противоречията чрез теории като тази на Бом. Тук се занимаваме със състоятелността, а не с единствеността на копенхагенската интерпретация.

новременно, т.е. в едно и също състояние на частицата. Така според Хайзенберг само позитивното знание на състоянието на частиците в квантовата теория изключва отхвърлените състояния; състояния, които тогава, съвсем заслужено, също се оказват ненаблюдаеми. Хайзенберг направи просто, но подходящо сравнение – не отхвърлихме теорията, че земната повърхнина е безкрайна равнина, не защото не сме способни да вървим извън определени граници, а защото сме напълно способни да вървим около Земята и по такъв начин да докажем, че е сфера. Истината, която не е изразена в това твърдение, е обаче, че квантовата теория не отрича частни модели, а самото понятие за „модели“.

Тези последни бележки върху разликата между копенхагенската интерпретация и позитивизма бяха логични и негативни. В епистемологичен и позитивен стил разликата е формулирана в боровото твърдение за класическите понятия. Най-малкото, най-наивните позитивистки школи считат, че има такива неща, като сетивни данни, и че науката се състои в свързването им. Боровата гледна точка е просто, че сетивните данни не са елементарни същности, че това, което наричаме явления, е дадено по-скоро само в пълния контекст на онова, което обикновено наричаме реалност – контекст, който може да се описва чрез понятия, и по-нататък, че тези понятия изпълняват определени условия, които Бор взема като характеристики на класическата физика. Тук му е мястото на втория Телеров анекдот. Веднъж, на следобедния чай в института, Телер опита да обясни на Бор, защо счита, че Бор греша, мислейки, че историческата структура от класически понятия винаги ще доминира нашия начин на изразяване на сетивния опит. Бор слушаше със затворени очи и накрая само каза: „*О, разбирам. Вие бихте могли също така добре да кажете, че не стоите тук и пиете чай, но че току-що сте сънували всичко това*“.

Очевидно Бор изрази своята гледна точка тук, без да я доказва. Какви условия трябва да бъдат изпълнени от сетивния опит и защо те би трябвало да бъдат така неизменни?

Обикновено Бор говореше за две условия: пространствено-времево описание и причинност. Те вървят заедно в обективирания модел на събитията, предлаган от класическата физика, докато бяха разчупени на парчета от откриването на кванта на действието, сведени до допълнителен смисъл на описанието. Ако физична система се използва като инструмент за измерване, тя би трябвало обаче да се описва в пространството и времето на нашата интуиция и да се описва като нещо функциониращо по принципите на причинността.

Първото условие осигурява, че сме способни да наблюдаваме въобще, второто, че трябва да извеждаме подходящи заключения от неговите видими

свойства (като положението на стрелката на скалата) към невидимите или неясно видимите свойства на обектите, които наблюдаваме чрез тях. Ако Бор е прав, като казва, че пространствено-времето описание и причинността вървят заедно само в класическата физика, неговият възглед, че измерителният инструмент трябва да допуска класическо описание, изглежда неизбежен.

Преди да зададем следващия въпрос, бих желал да обърна внимание как този анализ различава възгледа на Бор от позитивизма. За него това, което може да бъде описано класически, е „нещо“ в общоприетия смисъл на думата. Фактът, че класическата физика се разбива на квантово ниво, означава, че не можем да опишем атомите като „малки неща“. Това не изглежда твърде далеч от възгледа на Мах, че ние не би трябвало да измисляме „неща“ извън явленията. Но Бор се различава от Мах, като твърди, че „явленията“ са винаги „явления за нещата“, защото в противен случай те не биха позволили обективизацията, без която не би имало наука за тях. Истинската роля на нещата за Бор е точно, че те не са „зад“, а „в“ явленията. Това е твърде близко до Кантовия възглед, че понятието за обекта е условие за възможността за опит; Боровата дихотомия на пространствено-времето описание и причинността съответства на Кантовата дихотомия на формите на интуицията и категориите (и законите) на мисленето, които правят опита възможен само съвместно. Паралелността на двата възгледа е най-забележителното, тъй като Бор изглежда никога не е чел много от Кант. Бор се различава от Кант по това, че е научил урока на съвременната атомна физика, който му подсказва, че може да има наука дори зад реалното, в което ние можем напълно разумно да опишем явленията чрез свойствата на обекти, разглеждайки независимо от състоянието на наблюдателя; това е изразено в неговата идея за допълнителността. Бор се различава далеч по-радикално от Мах в отричане, че има чувствени данни така различни от това, което може да бъде наблюдавано в нещата. Тъй като позитивистката аудитория не разбира това, тя разочарова Бор чрез лесното възприемане на кванта на действието. Типично за това отношение е, че няма реално приложение за идеята за допълнителността.

Следващият въпрос е как Бор разбира, че нашата пространствено-времева интуиция е неизменна и че пространствено-времето описание и причинността вървят ръка за ръка само в класическата физика. Моят предположителен отговор е, че Бор беше съществено прав, но не знаеше защо. Това е, мисля, показано в неговия начин на изразяване. Той никога не твърдеше, че пространствено-времето интуиция не може да се измени и че съвкупността от класически закони (да кажем нютоновата механика или максуеловата електродинамика) съдържат това, което е необходимо и достатъчно за обектив-

ността; даже той се изразяваше по начин, който би изглеждал незащитим, ако тези две твърдения биха били свършено погрешни. Бих желал да предложа моя хипотеза по въпроса.

Класическата физика е много добро приближение, но не е точно описание на явленията. Може би моята хипотеза би трябвало да се изгради чрез подчертаване, че не само класическата физика е отхвърлена емпирично, но че тя има или имаше твърде оскъден шанс да бъде априори точна теория на явленията, поне ако трябва да се обхванат термодинамиката и отчитането на непрестанното движение на непрекъснатите тела. Планковата ултравиолетова катастрофа навярно би се представила във всяка достатъчно разработена класическа термодинамика на непрекъснатото движение. (Мисля, между другото, че тази трудност би се появила при всеки опит да се подкопае квантовата теория чрез класическа теория на скритите параметри.) Щом трябва по такъв начин да приемем съществената погрешност на класическата физика, взето буквално, трябва да се запитаме как тя може да се обясни като съществено важно приближение. Това се равнява на питане какви физически условия трябва да се вложат в квантова теоретична система, за да покаже характеристиките, които описваме като „*класически*“. Моята хипотеза е, че това е точно условието, че тя би трябвало да бъде подходяща като измерителен инструмент. Ако питаме какво предполага това, минималното условие изглежда е, че необратимите процеси би трябвало да заемат място в системата. Всяко измерване трябва да оставя следа какво се е случило; събитие, което остава напълно нерегистрирано, не е измерване. Необратимостта подразбира описание на системата, в което част от информацията, която мислим като присъстваща в системата, не е била в действителност използвана. Следователно системата сигурно не е в „*чисто състояние*“; ние я описваме като смес*. Не мога да докажа математически, че условието за необратимост би било достатъчно да определи класическо приближение, но чувствам убеденост, че е необходимо условие.

Ако хипотезата е коректна, би могло да се покаже, че Бор, далеч от зая-

* Вигнер възразяваше срещу описанието на измерване чрез смес, че унитарна трансформация на смес в друга смес (която би била квантовотеоретически допустима) не може да увеличи ентропията и следователно не може да опише необратимите черти на измерителния процес. Това е правилно, но то не е възражение. Даже в класическата физика увеличението на ентропията не може да се опише като „обективно“ събитие. Ако разбъркаме несвиваем флуид, който е оцветен наполовина бяло и наполовина червено (Гибс), ние не получаваме розова зона, а само сложни граници от бели и червени области. Но когато границите са станали достатъчно сложни, ние не можем повече да ги различим и отгук виждаме розово. Съответно необратимият процес не може да се опише в квантовата теория чрез унитарна трансформация на смеси; нашето описание трябва по-скоро „да скочи“ в смес с по-голяма ентропия.

вяване на парадокс, по-скоро излага труизъм, макар и философски важен: измерителният инструмент трябва да се описва с понятия, подходящи за измерителните инструменти. Тогава не е неестествено по-нататък да приемем, че класическата физика във формата, в която се е развила исторически, просто описва приближението към квантовата теория, подходящо към обекти, които реално могат да бъдат напълно наблюдавани. Ако приемем това, трябва да заключим, че поне достъпното чрез квантовата теория само по себе си е коректно, не е нужна или възможна бъдеща адаптация на нашата интуитивна способност към квантовата теория. Разум, който наблюдава природата чрез инструменти, които самите се описват класически, не може най-вероятно да се приспособи към съвременните закони на физиката (т.е. квантовите закони) иначе, освен чрез описание на природата класически. Да се пита за друго описание на явленията би било да се пита за вътрешно присъща невъзможност – освен ако квантовата теория в крайна сметка е погрешна.

Това върви, доколкото чувствам, че мога да интерпретирам копенхагенската интерпретация. Сигурно би трябвало да се желае да се разбере, защо природата трябва във всички неща да се подчинява на законите на квантовата теория, които тук бяха приети като дадени. Това ще бъде един от водещите въпроси в моя следващ принос. За да привършим настоящата дискусия, аз експлицитно формулирам методологичния принцип, който използвах неявно в нея. Предлагам да го наричаме принцип на семантичната последователност.

Математически формализъм като например принципа на Хамилтън с неговите математични следствия, максуеловите уравнения с техните решения или хилбертово пространство и уравнението на Шрьодингер не е *eo ipso* (сам по себе си) част от физиката. Той става физика чрез интерпретация на математичните величини, използвани в него, интерпретация, която може да се нарече физична семантика. Тази семантика се извлича от предишното макар и непълно познание за явленията, които се надяваме да описваме точно чрез формализираната теория. Така ние предварително знаем, какво разбираме под тяло, дължина, или, за по-късните теории, за силово поле или наблюдаеми като енергия, импулс и т.н. Тъй като теорията приписва математични стойности на величини като дължина, сила, импулс, наистина е необходимо да имаме предварително знание за практическите методи на измерване на тези величини. Но тогава в много случаи измерителните инструменти ще бъдат всъщност предмет на описание от теорията. Тази възможност подлага цялата теория (което значи формализъм плюс физична семантика) на допълнително условие, по-точно на условие за семантична последователност: правилата, чрез които описваме или водим нашите измервания, определящи семантиката на формализма, трябва да бъдат в съответствие със законите на теорията, т.е. с математичните твърдения за формализма, както е интерпретиран чрез физичната семантика.

Несъмнено е тривиално, че нова теория би трябвало да изпълнява автоматично това условие. Така известният Айнщайнов анализ на едновременността беше анализ на семантичната последователност на теория, която се подчинява на математичното условие за лоренцова инвариантност, той показва, че пространството и времето трябваше да бъдат преинтерпретирани, за да съгласуват всекидневния опит с теорията. Квантовата теория на измерването има за цел да дакаже семантичната последователност на общата квантова теория. Досега никога физична теория не е била напълно подложена на тест за семантична последователност, за всичко теориите приемат определени явления като дадени, което те не описват експлицитно. Така квантовата теория приема, че има обекти, които имат природата на частици, факт, който може би накрая ще бъде обяснен от теорията на елементарните частици.

C. F. von Weizsacker, *The Copenhagen interpretation*, в книгата *Quantum mechanics and beyond* (Cambridge Univ.Press, C., 1971) 25-31.

Превод А. Карастоянов

**Редколегиата на списание „Светът на физиката“
благодари на РИСК ИНЖЕНЕРИНГ АД
за щедротото и великодушно дарение**

ВСИЧКИ ДЕФЕКТИ НА УЧАСТИЕТО С КОМБИНИРАН ФИШ В ТОТО ИГРИТЕ

Николай Велчев

Неотдавна в списанието беше отпечатано проучване на автора [1] върху приложението на една възможна тактика и стратегия за реализация на успех в тото игрите. В настоящата бележка се изброяват всички възможни източници на дефекти, които съпровождат участието в тото игрите (независимо от прилаганата тактика и стратегия), а значението на подобни дефекти не трябва да се пренебрегва поне по две причини. Първо, защото някои от тях са принципно неотстраними и обясняват, защо например никой не е в състояние непрекъснато да печели значителни суми или защо най-големите печалби в тотото представляват изключително редки събития. На второ място е важно да се отчита обстоятелството, че присъствието на някои дефекти в случаите на използване на фишове за съкратено комбиниране е в състояние:

– да попречи, например, един първоначално регистриран „успех“ при улчване на част или всички тиражирани числа, да бъде преобразуван впоследствие в „парична печалба“ (която е и целта на играчите) или

– причинява нейното разпадане до по-малки печалби, включително и до нулеви.

Формулата за реализация на успех в тото игрите може да се изобрази условно в следния вид:

$$\text{Успехът} = \boxed{\begin{array}{c} \text{Методика за} \\ \text{прогнозиране} \\ \text{на тиражните} \\ \text{числа} \end{array}} + \boxed{\begin{array}{c} \text{Тактика и} \\ \text{стратегия} \end{array}} + \text{Късмет}$$

Съдържанието на първите два квадрата вдясно е обсъдено в цитираната по-горе статия [1] и особено подробно – в книгата [2]. Третият квадрат има смисла на алтернатива на въвежданите дефекти в заплатения фиш.

Различните дефекти при участието в игрите по-нататък се извяват с номерация, определена не от степента на тяхната важност и значимост, а в хронологичен ред – от появата им за пръв път в текста.

Нека допуснем, че предварително (априори на предстоящия тираж) са определени вероятностите за тиражиране на всички числа-топки в предстоящия тото тираж*.

* Една графична методика за определяне на вероятностите за тиражиране на числа, основана на различни графични ефекти в хистограмите на тиражираните числа до последния тираж, е описана в [1] и [2].

Според стойностите на тези вероятности, всички числа могат да бъдат разделени на три групи:

– числа с повишена вероятност за тиражиране – например, значително по-голяма от 0.5 или 50%;

– числа с намалена вероятност за тиражиране – например, значително по-малка от 0.5;

– числа с неопределена вероятност за тиражиране – около 0.5.

По традиция хората се стремят да вписват във фишовете си само числа, за които разчитат да бъдат тиражирани в предстоящия тираж. На това основание, ако човек разполага със списък, подобен на описания по-горе, той ще впише в заплатения си фиш само числата с повишена вероятност за тиражиране. Действително, както показва едно наше наблюдение [2], повечето от тиражираните числа по правило се оказват с повишена вероятност, но не всички, защото едва ли не винаги с тях едновременно се тиражират и числа с намалена и неопределена (априори) вероятност, при това в различно процентно съотношение в отделните тиражи. Тук се изявява **първият източник** на дефекти – с пренебрегването на числата с намалена и неопределена вероятност за тиражиране, което се изявява от физическа гледна точка като една *систематична грешка*. Друг е въпросът, че съществува един малък процент тото играчи, които нарочно избират числа с малка вероятност за тиражиране (например – поредици от три или повече числа-топки), разчитайки на късмет по отношение на останалите играчи, пренебрегнали подобни комбинации.

По-нататък, тиражирането като процес може да бъде разделено на три последователни стадия (макар като физически събития те да протичат едновременно), всеки от които преследва различни цели:

1/ Да се улучат поне 3 на брой от тиражираните 18 числа за тото 6/49 и 6/42 и 15 на брой – за тото 5/35. Макар в този случай да съществува методика за прогнозиране на тиражираните числа, каквато е публикувана например в [1] и [2], **вторият източник** на дефекти може да бъде случаят, когато играчът разполага със списък от повече на брой числа с повишена вероятност за тиражиране, отколкото той е в състояние да заплати в своя фиш и това налага той да ги съкращава.

2/ Улучените числа да попаднат в едно и също теглене (първо, второ или трето). Тъй като резултатите в този стадий по никакъв начин не могат да се контролират или да се управляват, той представлява **трети източник** на дефекти.

3/ Улучените числа в стадия /2/ трябва да попаднат поне в една комбинация, която не е била съкратена, ако е използван фиш за съкратено комбинирание (в случай на система за пълно комбинирание стадият /3/ отпада като несъществуващ). Следователно, **четвърти източник** на дефекти (само при

употреба на системи за съкратено комбиниране) е невъзможността да бъде гарантирано попадането на улучени числа от едно и също теглене поне в една и съща заплатена комбинация. Това е на практика една от най-честите причини за ефекта на „разпадане на печалбите“, както стана дума в началото. Подобен източник на дефекти може да се контролира например по следните начини, които обаче са свързани с повишаване на цената на комбинирания фиш:

– употреба на *по-плътни системи* за съкратено комбиниране (такива, в които броят на комбинациите е значително по-голям от броя на съдържащите се в тях прогнозираните числа);

– употреба на система за пълно комбиниране (стига броят на съдържащите се в тях числа да не е много голям, защото не би могъл да се заплати).

Като **пети източник** на дефекти могат да бъдат определени следните генератори:

– скрити (неизявени) недостатъци в използваната тактика и стратегия за реализацията на успех;

– грешки и неточности в приложението на тактиката.

Заключение

При приложението на различни методики за избор на прогнозни числа в тото фишове за комбинирано участие са установени пет източника на дефекти, които затрудняват получаването на добри резултати при тиражирането на прогнозните числа. Тези източници могат да получат следните характеристики: първият източник се нуждае от изследвания на случаите за прогнозиране на числа с намалена и неопределена вероятност за тиражиране; зависимостта на резултатите от втория и четвъртия източник може да се намали, ако се вложи допълнително заплащане в цената на фиша; влиянието на петия източник може да се намали до пълното му отстраняване, но третият източник по принцип е неконтролируем.

Литература

[1] Н. Велчев, Светът на физиката 3, 250,2003.

[2] Н. Борисов, *Числа с повишена вероятност за тиражиране в тото игрите*, изд. Марин Дринов, под печат.

ФИЗИЧНИЯТ ЕКСПЕРИМЕНТ КАТО „ОБРАТНА“ ФИЗИЧНА ЗАДАЧА

Мая Вацкичева, Людмил Вацкичев

В обучението по физика се прилагат два логически подхода, наречени съответно дедуктивен и индуктивен. При дедуктивния подход – „от общото към частното“ – първо се дефинират основните физични понятия и закономерности, а след това те се подкрепят, прилагат и затвърдяват в ученическата памет чрез примери, опити и задачи. При индуктивния подход първо се предизвиква ученическият интерес с отделни „частни“ примери и демонстрационни опити и така учениците се стимулират в търсенето на обобщения, водещи до нови физични понятия и закономерности. Като цяло в учебниците доминира индуктивният подход, тъй като чрез него учениците по-лесно преодоляват абстрактността на физичните понятия и закони с помощта на конкретните примери и опити, които оставят следа в образната им памет. Така пътят от частното (конкретното) води до общите физични изводи (закони), илюстрирани със съответните математически изрази. Тяхното осмисляне се извършва най-често чрез решаване на „прави“ физични задачи, т.е. задачи, в чието начално условие обикновено се задават известните физични величини, намират се и се прилагат в математическа форма подходящи за тях физични зависимости, докато накрая не бъдат определени еднозначно търсените (съобразно условието) неизвестни величини. Така в решението на „правите“ физични задачи се прилага дедуктивният логически подход, водещ до еднозначен конкретен резултат.

В предишни статии показахме, че в обучението по физика могат да съществуват и „обратни“ физични задачи, при които ученикът „извървява“ обратния път, като от крайното решение (отговор) на задачата той трябва да състави начално условие, което би довело до зададения отговор [1, 2].

„Обратните“ физични задачи принадлежат към групата на творческите задачи, тъй като притежават особеностите на този тип задачи [3]. Затова общата формулировка на „обратната“ задача би могла да бъде във вида: *Формулирайте (поне едно) начално условие на задача, при което решението ѝ води до отговор N (N е физична величина – число с или без измерение – бележка на автора).* Тази обща формулировка подсказва, че като „обратна“ задача може да бъде третирано и обяснението на резултата от един физичен експеримент [4]. Логическият подход и при „обратните“ задачи, и при опитите е индуктивен.

В часовете по физика се правят демонстрационни опити, чиито резултати са частни, конкретни. Те разкриват различни страни на физичната зависимост, до която учителят се стреми да достигне по индуктивен път, обобща-

вайки конкретните експериментални резултати. От дълбока древност тези резултати се приемат като доказателство за истинността на дадено физично твърдение и често влизат в конфликт с повърхностните човешки наблюдения дори когато те се правят от авторитетни учени. Така например по времето на Аристотел се е смятало, че по-тежките тела падат с по-голяма скорост, и тази погрешна теза е била опровергана едва след опитите на Галилей, направени от наклонената кула в Пиза (Италия). Ако днес ученикът повтори опитите на Галилей, пускайки различни предмети от балкон на жилищен блок, той също може да достигне до погрешния извод от времето на Аристотел в случай, че сравнява например падането на топка за тенис с това на топка хартия. Защото пропуска да отчете факта, че съпротивлението на въздуха за падащата хартиена топка е много по-голямо. От заблудата би го предпазил известният опит в училищния кабинет по физика, който показва, че стоманена съчма и малка перушинка падат едновременно (с еднаква скорост) в стъклена тръба, от която е изтеглен въздухът. Изводът от всеки единичен експеримент е своего рода „обратна“ физична задача, чието решение обобщава не резултата от еднократния опит, а резултатите от множество опити, които отчитат влиянието на всички възможни фактори (като например съпротивлението на въздуха в конкретия случай). Така се стига до извода, че *телата с различна маса падат с еднаква скорост*.

Анализът на резултата от физичния експеримент води до извод, еквивалентен по смисъл на началното условие, което е цел на „обратната“ задача. Ако изводът е само качествен (а не количествен), той съответства на формулировката на качествена „обратна“ задача. Например: *Наблюдаваме експеримент, при който тела с различна маса и форма, пуснати от една и съща височина, падат едновременно на земята. Какъв извод може да се направи от наблюдението?*

Първо трябва да се определят началните условия, при които е осъществен наблюдаваният експеримент, като например: предполагаме, че телата, пуснати едновременно от една и съща височина, падат отвесно надолу; щом формата на телата не влияе върху едновременното им падане, съпротивлението на въздуха може да се пренебрегне; щом масата на телата не влияе върху времето за падане, за тях може да се приложи законът за свободното падане, съгласно който падането става с постоянно ускорение $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ и скоростта на падане е еднаква за всички тела, независимо от масата им. Така че крайният извод от наблюдението на експеримента е, че *движението на участващите в него тела се подчинява на закона за свободното падане*.

Това е сравнително прост, но далеч не е единствен вариант за извод от наблюдавания опит. Той почива на „близък до ума“ случай – свободно падане на телата отвесно надолу. Законът за свободното падане обаче действа и при движение на тела, хвърлени отвесно нагоре, както и хвърлени хоризонтално

или под ъгъл спрямо хоризонта. Ако наблюдаваме опит, при който телата (независимо от тяхната маса) са хвърлени едновременно и с еднаква скорост v_0 отвесно нагоре, те ще паднат едновременно на земята, защото по вертикала ще им действа само земното ускорение, а времето за издигане t_1 на максимална височина е равно на времето на падане t_2 :

$$(1) \quad t_1 = t_2 = v_0/g.$$

Същото важи и за тела с различна маса, хвърлени едновременно от една и съща височина, но с различна скорост в хоризонтална посока. Времето за падането им върху земята се определя от вертикалната компонента на скоростта, а тя зависи само от постоянното земно ускорение: $v_{oy} = gt_{пад}$.

Ако телата са хвърлени под ъгъл α спрямо хоризонта, движението им се подчинява на закона за свободното падане, но резултатът от наблюдавания опит ще зависи от допълнителни фактори: телата, хвърлени едновременно с различни начални скорости v_0 и под различен ъгъл α , ще паднат на едно и също място (което наблюдаваме при опита), ако разстоянието x , определящо далечината на полета по хоризонтала за времето на движение t , е едно и също ($x = const$). Две (или повече) тела, хвърлени под ъгли $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ със скорости съответно $v_{o1}, v_{o2}, v_{o3} \dots$, ще паднат едновременно (след време $t = const$, на разстояние $x = const$), ако хоризонталната компонента на скоростта им е една и съща:

$$(2) \quad v_{o1} \cos \alpha_1 = v_{o2} \cos \alpha_2 = v_{o3} \cos \alpha_3 = const.$$

Тривиалният извод от (2) е, че резултатът от опита ще бъде един и същ, ако телата са хвърлени под един и същи ъгъл с еднаква скорост, т.е. той включва и движението на телата, хвърлени хоризонтално или отвесно нагоре. Тъй като $0 \leq \cos \alpha \leq 1$, при телата, хвърлени под ъгъл $\alpha \neq 0^\circ, 90^\circ$, началната скорост може да бъде по-малка при малки ъгли на хвърляне (и обратното), така че да бъде изпълнен изразът (2). Във всички случаи обаче крайният извод от опита остава същия – *движението на участващите в него тела се подчинява на закона за свободното падане*.

Докато при демонстрационните опити се търси познавателният ефект в качествена форма, при лабораторните опити физичното познание добива количествена форма. (Едно е да се докаже опитно, че телата падат свободно с постоянно ускорение g , а друго – да се измери неговата стойност $9,8 \text{ m/s}^2$). При лабораторно измерване на стойността на g опитът се повтаря многократно, получените данни се обработват статистически и изводът от тях (крайният резултат) $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ се обявява (заедно със съответната грешка). Какъв извод за резултата от опита трябва да направим, ако получената стойност на g се различава от очакваната? За да си отговорим на този въпрос, трябва да приложим метода на възстановителен анализ, характерен за „об-

ратните“ физични задачи [2], т.е. да тръгнем от числения резултат и анализираме факторите, които определят неговата стойност.

Най-напред самата стойност и нейната мерна единица ще ни подсказже (както при „обратните“ задачи) дали предхождащите я измервания и данни са записани коректно (например $g = 9,8 \text{ m/s}$ показва, че се касае за печатна грешка). Ако измерената стойност $g = 9,5 \text{ m/s}^2$ е пресметната статистически и е дадена със съответната грешка Δg (примерно $= \pm 0,1 \text{ m/s}^2$), очевидно се касае за грешки в измерването на величините от опита, които водят до стойността $9,5 \text{ m/s}^2$, а тя не се вмести в интервала ($9,8 \text{ m/s}^2 \pm 0,1 \text{ m/s}^2$). Причините за тях могат да бъдат лични (на измерващия) или технически (на апаратурата, с която се върши измерването). Анализът на причините (в обратен ред на провеждането на самия опит) и отстраняването им с последващо повторение на опита ще доведе до експериментално достоверна стойност, която позволява да се направи изводът, че $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Разгледаните примери показват, че при анализа на експерименталния резултат се обсъждат различни възможности, подобни на тези при „обратните“ физични задачи. Характерът на експеримента подсказва в кой раздел на физиката трябва да се търси обобщаващият извод, еквивалентен на търсеното начално условие на „обратната“ задача. Подходът и в двата случая е творчески, защото се анализират различни хрумвания (например под какъв ъгъл са хвърлени телата) и при всяко от тях се прави извод за условията, при които се осъществява резултатът от наблюдавания експеримент – подобно на началните условия, при които се получава даденият отговор на „обратната“ задача. При експеримента в резултат от анализа се намира физичната зависимост (закон), която е обща за анализирания вариант за обяснение на опита. При „обратната“ задача се намира поне едно начално условие, при което решението би довело до зададения отговор. И в двата случая възстановителният анализ, който води до основните физични зависимости (при експеримента) или началното условие (на задачата) е мощен творчески метод, който развива не само познанията, но и въображението на учениците, и стимулира интереса им към физиката.

Използвана литература

[1] М. Вацкичева, Л. Вацкичев, Р. Чакалов, *Обратната физична задача – от решението към условието*, Годишник на СУ, ФзФ, **95** (2002) с. 5-13

[2] М. Вацкичева, Л. Вацкичев, *От отговора на физичната задача към нейното начално условие*, Годишник на СУ, ФзФ, **97** (2004) с. 97-101

[3] М. Вацкичева, *Изграждане на система от творчески задачи по физика като средство за формиране и развитие на физичното мислене на учениците*, Педагогика (2004) кн. 11, с. 74-79

[4] М. Вацкичева, *Образна диагностика на учебния физичен експеримент*, Светът на физиката (2005) кн. 2, с. 220-225

СЪОБЩЕНИЕ

**Управителният съвет на Съюза на физиците в България,
на основание член 26 от ЗЮЛНЦ във връзка с член 43,
алинея 1 от Устава на Съюза на физиците в България,
свиква**

РЕДОВЕН КОНГРЕС

**На 1 декември 2007 година в 10 часа в аудитория 207
на Физическия факултет на Софийския университет
„Св. Климент Охридски“, София, бул. Джеймс Баучер № 5**

**Конгресът на Съюза на физиците в България
ще има следния дневен ред:**

- 1. Отчет на Управителния съвет и на Централната
контролна комисия за дейността на Съюза на физиците
в България**
- 2. Приемане на промени в Устава на
Съюза на физиците в България**
- 3. Приемане на решение за размера на членския внос**
- 4. Избор на почетни членове на
Съюза на физиците в България**
- 5. Избор на Управителен съвет на Съюза на физиците в
България, Централна комисия и председател
на редакционната колегия.**

**При липса на кворум на основание член 47 от
Устава на Съюза на физиците в България конгресът
(общото събрание) ще се проведе същия ден в 11 часа
на същото място и при същия дневен ред.**

ОБРЪЩЕНИЕ НА НОВОИЗБРАНИЯ ПРЕЗИДЕНТ НА ЕВРОПЕЙСКОТО ФИЗИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО

Професор Фридрих Вагнер

Драги колеги,

На своето заседание през март т.г. Съветът на EPS (Европейското физическо общество)* потвърди моето избиране за Президент на EPS. Подкрепата беше единодушна, което едновременно е голяма чест за мен и заедно с това е тежко задължение, което аз все пак с радост ще поема. На онези, които са участвали в заседанието на Съвета, искам да изразя искрената си благодарност за оказаната подкрепа. Вярвам в бъдещото ни плодотворно сътрудничество, което ще спомогне каузата на физиката в Европа.



Предлагам на вашето внимание текста на статия, написана за сп. EPN (*Еврофизически новости*), където кратко са изложени моите възгледи по различни съществени аспекти на нашата дейност, а също по въпроси, на които бих желал особено да наблегна по време на моя президентски мандат. Ще се радвам да получа вашите коментари по тази статия или по части от нея, да узная вашето мнение, вашето виждане за приоритетите и по такъв начин да доусъвършенствам и допълнително да осъвременя набелязания от мен план за действие.

С много благодарности и най-добри пожелания:

Ф. Вагнер, Президент на Европейското физическо общество,

Април 2007

Моите възгледи и програмата ми

Доброволците са важни участници в много от дейностите на EPS. Мотивите за тяхното съдействие са различни, макар че най-често са основани върху дълбоката им привързаност към физиката и върху убеждението, че тази наука само ще спечели, ако се развива съвместно в европейски мащаби.

* Тук и занаяпред са дадени съкратените латински означения на различни европейски организации и в скоби – техният български превод. Това би могло да създаде известно привикване към популярни за Европа абривиатури (те са приложени в края на текста), без да се налага въвеждането на съответни български абривиатури. – бел. прев.

В моя случай това е напълно очевидно. Забележителният напредък в изследването на ядрения синтез през последните десетилетия, постигнат благодарение на широката европейска организация, беше определящ фактор за моето участие като председател на сектора Плазмена физика. Европейските мащаби на изследванията по плазмена физика позволиха да бъде построен и пуснат в действие JET (Съвместен европейски тороид) във Великобритания, който понастоящем е най-голямото и най-адекватно устройство за ядрен синтез и който в крайна сметка направи от Европа най-подходящото място за създаването на ITER (Международен термоядрен експериментален реактор). Предвижданият да бъде построен в Кадараш, Франция, ITER, макар все още да е научно съоръжение, ще бъде първият реактор с ядрен синтез, който ще произвежда 10 пъти повече мощност в сравнение с мощността, вложена за неговото функциониране.

Друга причина за европейската ми ангажираност е моят немски произход. Моето поколение беше възпитано с възгледа, че германските следвоенни политически проблеми могат да се разрешат в рамките на европейско обединение и че бъдещето има европейски измерения. ЕУ (Европейският съюз), основан преди точно 50 години със сключването на Римския договор (март 1957), доведе до създаването както на ЕЕС (Европейската икономическа общност), така и на Евроатом. Програмата за ядрен синтез е част от договора по линията на Евроатом. Тази интеграция безусловно беше от полза за науката, но тя заедно с това допринесе по неповторим начин за еволюцията на европейската идентичност: науката създава ценности.

На физиката предстои вълнуващо десетилетие. В близко бъдеще ще започнат да действат големи и перспективни устройства. През текущата и през следващата година науката в Европа ще отведе природата назад към нейното начало и с помощта на LHC (Големия адронен колайдър), в CERN (Европейски център за ядрени изследвания), ще бъдат създадени условия, които повече от всякога са близки до онези малко след Големия взрив.

Седмата Рамкова програма предвижда бюджет над 54 милиарда евро за изследвания. Подкрепата на фундаменталните изследвания със 7,5 млрд евро и създаването на ERC (Европейския съвет за изследвания) откриват нов хоризонт пред науката. Появата на ERC ще внесе в 7-та Рамкова програма елемент на научна самоорганизация и ще придаде на учените повече властови възможности при взимането на решения в подкрепа на определени проекти или при разпределянето на ресурси за изследователски цели. Очаква се осъществяването на болонския процес* да доведе до повишена мобилност на

* **Болонският процес** е междуправителствена инициатива, целяща до 2010 да създаде ЕНЕА (Район на висшето образование), в който да се осигурят условия за мобилност на студентите в европейските университети при обща структура на различ-

студентите и да внесе елементи на конкуренция в привличането на най-добрите от тях. Създаването на европейска изследователска платформа ще продължи и, съдейки по вече предприетите действия и предвидените стъпки, ще набере допълнителна скорост.

Но възбудата от тези процеси не трябва да ни отвлича от реалността. Фондовете, отделени от Европейския съюз за R&D (изследване и развитие), възлизат само на 6% от пълния изследователски бюджет на ЕС. Редица инициативи продължават да страдат от бюрократичната структура на отдалечени институции и, можем да сме сигурни, всяко усилие да се опрости административният процес бързо ще ни се отплати. Същото се отнася до процедурата за постъпване на работа, която трябва да се направи по-прозрачна и по-предсказуема, за да се пестят време, мотивация и средства на кандидатите.

Сериозно безпокойство продължава да буди обучението по физика в училищата и неговото продължение в университетите. Подкрепям основните принципи, формулирани в меморандума на EPS относно образователната политика, а именно: образованието по физика на бакалаврите трябва да е в съответствие с близки по същност програми, за да се облекчи мобилността на студентите между различни университети и страни както по време на бакалавърската програма, така и след нея; магистърските насоки на подготовка трябва да са по-разнообразни и да включват специализация в конкретни физически области или в комбинации между физически и други научни дисциплини; подготовката за докторат трябва по възможност да съдържа минимално количество елементи на стандартност.

Тези принципи се отнасят също до основни проблеми, свързани с процеса от Болоня. Бакалавърското обучение по физика може да не отговаря на нуждите на промишлеността, ако програмите за обучение не са адаптирани по съответен начин. От друга страна това може да доведе до намаляване броя на аспирантите за PhD и да отслаби научната основа. Главната грижа на EPS във връзка с придобиването на PhD степените е засиленото и централизирано съгласуване на темите на аспирантурата с целите на европейската хармонизация на висшето образование. Голяма част от изследванията се осъществява от аспирантите под ръководството на техните професори. Изместването на центъра на тежестта от изследването към засиленото образование при подготовката на докторската защита може да доведе до изоставане на европейската изследователска работа. Подготовката на аспирантите е не само първата стъпка към академичната изследователска кариера, но също към

ните равнища на обучение. Процесът започна през 1999, когато министри от 29 европейски страни се срещнаха в Болоня и подписаха споразумение за създаването на ЕНЕА. – *бел. прев.*

намирането на работа във от академичната общност. Практическата насоченост на един изследователски проблем по време на аспирантурата е най-добрата подготовка и за двата вида кариери.

Една основна цел на EPS е да съдейства за развитието на балансираны условия за физиката в цяла Европа. Последствията от сриването на Съветския съюз създадоха огромни трудности пред постигането на тази цел. EPS помогна на физиците от Руската федерация да се организират при демократично управление, да установят националните си функции и да развият контакти вътре в европейските изследователски структури. Този процес още не е завършен, но тенденцията към нормализация е очевидна. EPS групата „Физика и развитие“ има силната мотивираност да помогне на страните на юг от Средиземно море с подбрани образователни програми, като осигури подкрепата за летни школи и отпускане на стипендии за установяването на контакти с нашата изследователска мрежа. Все пак пред тях (и пред нас) има още дълъг път за извървяване.

Проблем, който заслужава и изисква непрестанно внимание, е този за подобряване шансовете на жените във физиката. Мотивацията за това може да не е непременно алтруистична, а да произтича от осъзнаването на факта, че физиката не може да се справя без 50% от своите таланти и интелектуален потенциал. Вярвам, всеки ще се съгласи, когато заявявам, че прогресът във физиката се нуждае също така от перспективите и прозренията на жените и че изследователските групи печелят от участието на жени учени в техния състав. Винаги, когато това е възможно, EPS трябва да търси таланти жени, с които да попълва вакантни места в своите структури. Неговата научна политика трябва да е насочена към включването на жени в съветите на различните отделения и групи, жени да са приобщавани към програмни комитети, повече жени да изнасят лекции по покана като признание за техните постижения и да се подобряват шансовете на жените за напредъка им в научната кариера. EPS ще продължи да подкрепя жените в техните усилия да изградят организации и мрежи от организации за поддържане на тяхната кауза. Доколкото необходимостта да се създадат равни възможности е също така задача на националните научни общности, подобряването на сътрудничеството и на координацията би ускорило процеса на нормализация.

EPS подкрепя развитието на платформата за публикации на физична тематика, изградена от учени, научни издателства и разпространители. Услугите, които науките изискват от издателите на научни списания, включват поддържането на високи научни стандарти посредством ефикасна система на реферирание, електронна достъпност във вид, позволяващ международно сътрудничество и интердисциплинен подход, както и добра функционалност при документирането и възстановяването на документи. Учените очакват от издателите и от списанията справедливо отнасяне към техните статии, бързо

отпечатване както в интернет, така и в книжно тяло, качество и достъпност на отпечатания материал, достъпност на архивираните статии, а така също такава издателска политика на издателите на списания, която би водела до непрекъснато повишаване на импакт фактора, като по този начин ще се повишава репутацията на публикуваните статии и на техните автори.

Статиите с най-висок престиж в нашата област се публикуват най-много в списания, базирани в Съединените щати. Това отчасти се дължи на високото равнище на изследванията, правени от нашите американски колеги и приятели, но също се дължи на обстоятелството, че вътре в САЩ има хомогенна изследователска област с публикуване на един език. В Европа нашата отдавнашна изследователска традиция отразява националната научна история и публикационният пейзаж е по-разнообразен. Много от националните списания са публикували неща, които в днешно време до голяма степен представляват основата на нашето физическо наследство. Трябва също така да се вземе под внимание, че националните физически списания на страните от Източна Европа след разпада на Съветския съюз изиграха важна роля като точки на фокусиране във фазата на реструктурирането.

Привлекателността на списанията на APS (Американското физическо общество) би била приемлива, ако не беше тясната връзка между признанието на списанието (въз основа на неговия импакт фактор) на международно равнище и шансовете за кариера на авторите. Резултатът е, че системата има тенденция за неустойчивост, за растяща концентрация в няколко най-привлекателни списания. Разбираемо е, че авторите се стремят да публикуват в списанието с най-висок престиж. Стана нещо като спортна надпревара да се представят за печат статии първо в най-престижното списание, макар да има риск от загуба на време в случай на отказ. Отхвърлените статии се представят за публикуване в списанията, които минават за втора категория – най-малкото в очите на онези, които са от значение за кариерите.

Разпространението на научните резултати е основна задача на EPS. Поради това ще трябва внимателно да следим каква е реакцията и какви са контрамерките на европейската наука и на научните администрации спрямо тенденцията, изразяваща се в това, че – до голяма степен – научните постижения не се публикуват и регистрират там, където основното изследване е било финансирано и е довело до съответните научни резултати. Почтената и открита конкуренция е фундаментален принцип на процеса на европеизация. EPS изразява загриженост от фрагментацията на публикуването в Европа и произтичащото от това преливане към растящия монопол на американските публикации. Учените се нуждаят от по-широк избор на висококачествени публикации. Затова на европейските издатели трябва да се оказва помощ в стремежа им да направят по-атрактивни своите списания. Основаването на един обединяващ център на базираните в Европа издатели ще помогне и ще

улесни диалога между издателя и националното или общоевропейското представяне на физическите изследвания. От друга страна учените трябва да анализират механизмите, които водят до концентрирането на пазара на печатните издания, и дали това – в далечен план – е от истински техен интерес. Тясното сътрудничество между научната общност и регионалните издатели е необходимо, за да се избегне загубата на разнообразие, чиито последици трудно могат да се предвидят. През 2007 EPS ще проведе кампания в голям мащаб, с цел да засили видимостта и атрактивността на европейските списания изобщо и особено на EPL (*Europhysics Letters*).

Всеки президент трябва да формулира своята програма за двугодишния си мандат. Доколкото президентите идват и си отиват, задължително е те да съблюдават принципа за континуитета, например по споменатите по-горе проблеми. От особено значение за мен е секторите и групите да се подкрепят и окуражават при решаването на задачите от техния мандат и преди всичко организирането на конференции и разпространението на научни резултати. EPS трябва да продължи да предлага релевантни конференции в съответните области и да прави добрите конференции още по-добри. Представеният на тези конференции научен материал е от висока стойност и не би трябвало да се губи. В много случаи организаторите на конференцията поемат задължението материалът да се публикува като реферирани статии. Там, където това не става, трябва да се намерят подходящи форми за публикуване и архивиране.

Предлага се тясно сътрудничество със секретариата на EPS. Непрестанно ще се усъвършенстват електронните средства за комуникация. Работата на различните сектори трябва да бъде обект на повече внимание от страна на Изпълнителния комитет и на Съвета, а секторите трябва да са по-добре интегрирани в цялостното развитие на EPS. Предвидено е създаването на форум, в който секторите и групите на EPS ще общуват помежду си и където са възможни контакти с други структури на EPS.

Друга насока на интересите ми е засилването на сътрудничеството с националните физически общества. Макар че националната поддръжка остава техен основен финансов ресурс, изследването и развитието все повече ще се формират от Европейската комисия и нейните организации. За най-доброто развитие на тази тенденция трябва да се стремим към по-тясно сътрудничество между националните физически общества и EPS. Поради това дневният ред на Съвета трябва да предвижда също така съвместни дискусии със стратегическа насоченост. Ние трябва да следим политическите събития, социалните тенденции на Европейската общност по посока на физическото образование и изследване, както и на обмяната на информация и нейния анализ вътре в общността. Трябва също да се стремим към по-добро вникване в широкия спектър от реакции вътре в твърде различните национални общности.

Тази обмяна на възгледи както и съвместното планиране трябва да се осъществяват на всички равнища на EPS:

– Съветът трябва да стимулира обмяната на информация между националните физически общества. EPS заедно с тези общества трябва да развива съвместни проекти. Съветът трябва да се използва при определянето на структури и при разпределянето на задачи за обсъждане и разрешаване. За пример може да послужи непрестанният анализ на въздействието на хомогенизираното бакалавърско/магистърско обучение по физика. За да стане възможно решаването на тази огромна задача, вероятно ще бъде достатъчно всяко национално физическо общество да подбере един или два физически сектора, в които информацията да се подава, обменя и анализира. По този начин ще можем на време да си изработим схващания за този процес, още преди да са започнали големите и официални проучвания, при които едва ли ще се обърне достатъчно внимание на специфичните въпроси на физиката.

– Секторите и групите трябва да развиват по-тясно сътрудничество със съответните им национални партньори, когато такива структури съществуват. Конференциите на секторите на EPS често си сътрудничат с местните институции при организирането на конференции. Този елемент на сътрудничество и съгласуване би трябвало да съставлява естествена част от културата на EPS. При всяко едно събиране на съвета на даден сектор в определена страна членка на EPS сътрудничеството с представители на националната научна област трябва да бъде неотменна точка от дневния ред.

– Онези, които играят специфична роля във физическите общества (националните или EPS), поради това, че се занимават с управленски или юридически въпроси или осигуряват континуитета на тези общества, имат конкретна и обща отговорност да развиват своя собствена перспектива, а също така да създават форми на сътрудничество.

Друг въпрос, който ме занимава (но занимава и много други), е този за енергията. Европа се нуждае от надежден приток на енергия, за да поддържа производителността и конкурентноспособността на своята икономика, както и равновесието в своите общества. Собствените енергийни източници на Европа са на изчерпване и тя все повече разчита на внос по време, когато за пръв път цените на суровините се определят от законите на пазара. Растежът на цените на бензина ежедневно ни напомня за растящия недостиг на този артикул.

Един начин да се гледа на EPS е, че ние представяме знанието на 100 000 физика. Физиката играе основна роля в енергийната проблематика благодарение на развитието на ядрения синтез, набавянето на ядрени данни за алтернативни процеси, развитието на нови идеи, каквито са задействаните от ускорители подкритични реактори, а също съхраняването, преработването и трансмутацията на радиоактивни отпадъци. Физиката играе също така оче-

видна роля в развитието на добив на енергия от ядрен синтез под формата на магнитно затваряне или на инерциален синтез. Но физиката е от огромно значение също за технологията на възобновяемите енергийни източници и на енергоспестяването. Производството на фотоволтаично електричество все още е богата изследователска област с множество неизследвани възможности за употребата на нови материали, пластмаси, комбинации от материали или интегриране на нанотехнологиите. В тази област могат да се очакват вълнуващи открития и технологични пробиви. Подобни аргументи за значението на физиката са валидни за развитието на горивните клетки и на техниката за запасяване на енергия, по-конкретно електрическа.

Енергетиката е основна тема на Технологичната група (TG) на EPS. Освен това енергията е проблем на секторите по ядрена физика и по физика на плазмата. Тя е важна тема на сектора по физика на кондензираната материя (фотоволтаични процеси, материали и т.н.), а така също на сектора по квантова електроника (светлинни източници). Физиката в сектора по науки за живота е мостът към биотехнологиите. Секторът по околна среда е компетентен по въпросите на атомните и молекулни физикохимични процеси в атмосферата и се занимава с последиците, които превръщането на енергията може да има за околната среда. Тези различни дейности ще бъдат обединени в рамките на новосъздадената работна група по енергия към TG. Нейната дейност ще се насочи към наука и технология, а не към политическите или социални аспекти. Трябва да подчертаем обаче, че физиката не е синоним само на ядрена енергия; нашата цел трябва да е развитието на електропроизводство, свободно от CO₂, а в по-далечна перспектива – на основана върху водорода система на транспорта.

Околната среда и глобалното затопляне се смятат за наднационални проблеми. Обаче не такъв е случаят с енергията, където дебатът е най-вече ограничен с националните нужди, възможности и интереси. Това не е подходящо съчетание, защото енергията е първичният, а околната среда е вторичният проблем. Един глобален вторичен проблем трудно може да бъде разрешен посредством локален подход към първичния проблем. На Европа все още й липсва обединена енергийна политика; решенията се търсят на общонационално ниво, а стратегиите са твърде различни. Усилията са насочени към промяна на това положение. Физиката трябва да има готовност както на национално ниво, така и на общо за EU ниво, когато този въпрос е и остава първостепенна грижа за всички. Бих препоръчал националните физически общества да формират енергийни работни групи, ако това вече не е направено. Неотдавна се състоя заседание на съществуващите групи (Дания, Германия, Финландия, Унгария, Франция, Литва и Швеция), на което беше констатирано, че кооперирането в целия EU е навременно и наложително.

Нека резюмирам: искам да продължа усилията на предишните президен-

ти, за да направя EPS по-ефикасен и да постигна по-добър баланс вътре в EPS между Изтока и Запада, между Севера и Юга, между мъжете и жените физици, между физиката и обществото, между по-малките и по-големите физически общности. Бих желал също така EPS да продължи грижата си за своите членове, неговата ангажираност във физическото образование, както и усилията му да се поддържа разнообразието на публицистичната панорама. Последно, но не и по значение, бих желал EPS да продължи присъствието си в сферата на европейската научна политика със своята цел – развиване каузата на физиката. Всичко това трябва да се осъществява по един прозрачен и разбираем начин, подчинен на етичните принципи на науката.

Как да постигнем всичко това? Този въпрос ме връща към началото – ролята на доброволците, онези, които даряват обществото, но не с парични средства, а с нещо по-ценно – със своето време. Трябва да си сътрудничим в съзидателна атмосфера; на идеите трябва да се гледа като на дарове, а поддържането на мотивацията е върховен императив. Ние си сътрудничим не по служебен договор, а по социален договор – да употребим по най-добрия начин инвестираното от нас и от нашите колеги време.

Кратка биографична справка (добавена от преводача)

Фридрих Вагнер е роден на 16 ноември 1943 в Пфафенхофен, Германия. Следва физика в Техническия университет на Мюнхен, където през 1972 получава PhD. Специализира в университета на щата Охайо, САЩ, където от 1973 до 1974 прави изследвания в областта на нискотемпературната физика. През 1975 постъпва на работа в Института „Макс Планк“ по плазмена физика, където през 1986 оглавява експеримента ASDEX (Аксиално симетрично отклоняване с токамак). През 1988 става лектор в университета на Хайделберг, а през 1991 става Почетен професор в Техническия университет на Мюнхен. От 1989 до 1993 е ръководител на стелараторния експеримент WENDELSTEIN 7-AS. От 1993 е директор на Института „Макс Планк“ по плазмена физика, а от 1999 е професор в университета „Ернст-Мориц Арнд“ на Грайфсвалд. Освен преките си институтски задължения, през периода 1996 – 2004 проф. Вагнер е председател на сектора по плазмена физика към Европейското физическо общество. Той е почетен член на института „Йофе“, Санкт-Петербург, член на Института по физика към Американското физическо общество и член на редакционния съвет в Института по физика. През 1987 получава наградата „Постигнения в плазмената физика“ на сектора по плазмена физика към Американското физическо общество.

Абревиатури в текста (допълнение от преводача)

EPS – European Physical Society

EPN – Europhysics News

JET – Joint European Torus

ITER – International Thermonuclear Experimental Reactor

EU – European Union

EEC – European Economic Community

LHC – Large Hadron Collider

CERN – Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire (от 1954 официално се нарича European Council for Nuclear Research, но се запазва френската абривиатура CERN)

ERC – European Research Council

EHEA – European Higher Education Area

R&D – Research and Development

APS – American Physical Society

EPL – Europhysics Letters

TG – Technology Group

ASDEX – Axially Symmetric Divertor Experiment

(F. Wagner, My views and programme)

Превод: **М. Бушев**

ФЕНОМЕНАЛЕН УЧЕН, ГЕНИАЛЕН ИЗЧИСЛИТЕЛ, ЛЮБИМЕЦ НА МОНАРСИТЕ (300 години от раждането на Леонард Ойлер)

Никола Балабанов¹²

„Четете Ойлер – той е нашият общ учител“
Лаплас

Родината

Леонард Ойлер е роден на 15 април 1707 година в град Базел, Швейцария. Първите си години изкарал в селцето Рихен, близо до Базел, в което неговият баща бил назначен за свещеник. Началните си математични знания Леонард получил от баща си. Когато изучил всичко, което предлагало селото, бил записан в гимназията в Базел. Успоредно с училището момчето посещавало и лекциите в университета. Притежавайки необикновена памет, той лесно усвоявал всички предмети и цялото си свободно време отдавал на геометрията.

Базел си бил извоювал правата на свободен имперски град още през 13-ия век. През 1460 година в него бил основан първият швейцарски университет, благодарение на което градът се утвърдил като важен научен център. В началото на 16-ия век в него е преподавал Еразъм Ротердамски, който превърнал града в един от европейските центрове на хуманизма. Науката и изкуството процъфтявали в този град под управлението на търговския патрициат. Към базелския патрициат принадлежало и търговското семейство Бернули. От края на 17-ия век това семейство е дало няколко поколения учени. В цялата история на науката трудно може да се намери семейство, което да е поставило такъв внушителен рекорд [1].

Родоначалниците на династията Бернули били братята Якоб и Йохан. С това легендарно семейство е свързана биографията и на Леонард Ойлер – най-плодовитият учен на 18-ия век, а може би за всички времена. Неговият баща, пасторът Павел Ойлер, е изучавал математика при Якоб Бернули, а с обучението на сина се заел Йохан Бернули.

Епохата

Осемнадесетият век е известен като век на разума, на просветата. В съответствие с духа на епохата най-могъщите европейски държави били управлявани от „просветени деспоти“: пруският крал Фридрих II, руската императрица Екатерина II, френските крале Людовик XV и Людовик XVI. Претендирайки за слава, наред със завоевателните войни, които водели, те обичали

да се обкръжават с хора на науката и изкуството. Такава „любов“ била проява на интелектуален снобизъм, но той бил оправдан до известна степен от осъзнаването на значението на природните науки и математиката за подобряването на манифактурното производство и за повишаване боеспособността на армиите.

Леонард Ойлер е бил един от „галениците“ на съдбата и любимец на европейските монарси. Двама от тях – Екатерина II и Фридрих II са си поделили целия творчески път на прославения учен. Усвоил правилата за благо-разумно поведение, Ойлер живеел и работил спокойно и плодотворно. Но за духа на онова време говори следният епизод от неговата биография.

След завръщането му от Русия (1741 г.), в двора на Фридрих II неговото поведение правило впечатление. Той бил затворен и необикновено мълчалив. На въпросите на кралицата – майка отговарял с по една дума. Тя изразила учудване от тази съдържаност и го попитала: „*Защо не желаете да разговаряте с мен?*“ „*Господарке – отговорил Ойлер, причината е, че пристигам от страна, в която за една излишна дума бесят*“.

Първи „руски“ период

През 1723 година, 16-годишният Ойлер получил степента магистър по свободните науки с тезата „*Философията на Нютон в сравнение с Декартовата*“ Това означава, че той вече е стъпил „на раменете“ на двамата великани, негови предшественици и притежавал достатъчно голям научен кръгзор. Талантът му отрано бил забелязан от Йохан Бернули, който се занимавал индивидуално с него. Така Ойлер се сблизил със семейството на професора и с неговите синове – Николай и Даниил, които били вече изградени математици.

По това време руската императрица Екатерина I осъществила замисъла на своя съпруг Петър Велики и основала Петербургската Академия на науките. Още с встъпването си на престола, през 1725 г., тя поканила братята Николай и Даниил Бернули в Русия. На следващата година те пък поканили и своя млад приятел Леонард Ойлер да дойде в Русия. Един от неговите биографи пише, че братята Бернули „*положили толкова много усилия да приблизят до себе си своя страшен съперник, колкото обикновените хора биха употребили за отдалечаването на такава личност*“. Действително, Даниил Бернули бил през целия си живот съперник на Ойлер (Николай починал твърде рано), но никога не проявявал завист за големите му постижения.

Ойлер не приел веднага поканата. Той се надявал да заеме вакантното място в катедрата по физика в Базелския университет. Вече бил написал съчинение „*За природата и разпространението на звука*“ и имал спечелена втора премия в конкурс, обявен от Парижката Академия. По думите на друг негов биограф, петербургският учен Николай Фус „*за щастие на нашата*

(петербургска) академия, съдбата, разполагаща с местата в Базел, била против Ойлер“.

През май 1727 той се преселил в Петербург и заел длъжността адюнкт-професор по математика. Случило се така, че Екатерина I починала в деня на неговото пристигане в Русия. Известно време съдбата на Академията била неясна. Все пак тя просъществувала и при Петър II (император от 1727 до 1730 г.) и се утвърдила при Ана Ивановна (на престола от 1730 до 1740 г.). През 1733 година 26-годишният Ойлер бил назначен за президент на Петербургската Академия. В същата година той се оженил за своя сънародничка Езел – дъщеря на придворен художник, също привлечен от Петър I в Русия. От този брак ученият имал 13 деца, осем от които починали. От останалите трима сина и две дъщери той имал 38 внука.



В Петербург семейството на Ойлер живеело щастливо, но климатът им действал лошо. През 1835 г. ученият заболял от треска, следствие на което, както и в резултат на интензивната работа, ослепял с дясното око. Но нито отслабеното му зрение, нито голямото семейство, пречели на работата му. За 14 години пребиваване в Петербург той подготвил за печат около 80 труда, от които публикувал над 50.

„Берлински“ период

През 1741 година, в навечерието на новия преврат в Русия, Фридрих II, чрез своя посланик в Петербург, поканил Ойлер на служба в Кралската академия. 34-годишният учен се преместил заедно със семейството си в Берлин. По това време кралят бил зает с войната за Силезия. Намирайки се във военен лагер, той написал приветствено писмо до Ойлер и обещал след завръщането си да го удостои с подобаващи почести. За посрещането се погрижила кралицата – майка, която го въвела в дворцовия кръг.

Ойлер помогнал за възстановяване на Кралската Академия, която след Лайбниц (1646-1716) бавно западнала, главно поради продължителните войни. В началото той възглавил физико-математическото отделение, а след смъртта на Мопертюи, поел председателството на Академията.

Фридрих II извлякъл много полза от Ойлер, в работоспособността на който нямало равен. За 25 години пребиваване в Берлин (1741-1766), той подготвил около 300 работи. През това време поддържал непрекъснати връзки с

академиите в Петербург и Париж. Многократно участвал в конкурсите, обявявани от Парижката Академия на науките, като 12 пъти е бил победител в тях.

Л. Ойлер общувал с Волтер и с много видни учени и литератори, които по това време били в „двора“ на Фридрих. Истинско приятелство, обаче, поддържал само с Мопертюи – френски учен, привлечен от краля в Берлинската Академия.

Руското правителство не преставало да плаща част от възнаграждението му като академик, дори и след отпътуването му в Берлин. По поръчка на Петербургската Академия на науките, през 1749 г. Ойлер публикувал монографията „Морска наука“, за която получил хонорар от 2000 рубли.

Руското правителство никога не е смятало Ойлер за чужденец. За това говори и следният факт. През 1760 г. руската армия нахлула в пруски земи и войници разграбили имението, което принадлежало на Ойлер. Когато командващият, генерал Тотлебен узнал за нанесените щети на учения, побързал да ги възстанови, дори заплатил сума, надхвърляща загубите. Освен това, той подал рапорт до императрица Елизавета, която допълнително отпуснала 4000 флоринта за Ойлер.

Отново в Русия

През 1762 г. в Русия станал нов преврат и на престола застанала знаменитата Екатерина II. Тя положила много усилия да върне Ойлер в Петербург, като поръчала на своя посланик в Берлин, княз Долгоруки, да се съгласи с всички условия, които ученият постави.

Ойлер трудно получил оставка от Фридрих, все пак през 1766 г., заедно със семейството си заминал отново за Петербург. За покупка на дом, Екатерина му подарила 8000 рубли. В дневника си императрицата записала: *„Аз съм уверена, че Академията ще бъде възродена от пепелта, благодарение на такава важна придобивка и се гордея с това, че върнах на Русия велик човек“*.

За нещастие, скоро след пренасянето си в новия дом, Ойлер ослепял и с лявото око. Ученият понасял липсата на зрение доста по-леко, отколкото другите хора. Неговата удивителна памет и поразително въображение му позволявало да прави на ум най-трудни изчисления. Синовете и учениците му пишели под негова диктовка.

През 1771 г. той преживял още едно нещастие. На улицата избухнал пожар, който засегнал и неговия дом. Един от неговите сънародници се хвърлил в пламъците и изнесъл на плещите си слепия старец. Ръкописите били спасени, благодарение на своевременно пристигналия княз Орлов. За покупка на нов дом, императрицата отпуснала нови 6000 рубли на семейството.

През 1776 г., след 43-годишен брак, съпругата на Ойлер починала. Грижите за стопанството и за голямото семейство (почти всички внуци живеели

с него) го заставили да се ожени повторно. През същата година той се оженил за сестрата на починалата му съпруга – Соломея Грел.

Въпреки несгодите, Ойлер продължавал без прекъсване своите изчисления. През дните, когато избухнал пожара, той се занимавал с изчисления за обяснение неравномерното движение на Луната. Тази огромна работа, удала се въпреки неблагоприятните обстоятелства, би била достатъчна да обезсмърти името на всеки човек, който би я свършил в спокойна обстановка.

За 17 години повторно пребиваване в Петербург Ойлер подготвил около 400 работи. Затова неговият биограф Кондорсе пише: *„Ако се съди по броя и достойнствата на съчиненията, написани от него в последните години на живота му, може да се помисли, че пълната липса на всякакви развлечения и новата енергия, която това уединение прибавяло към всичките му способности, са му донесли повече изгода, отколкото вредата, причинена от изгубеното зрение“.*

„Гениален изчислител“

Огромни са приносите на Ойлер в математиката. Някои го наричат *„Гениален изчислител“*, влагайки в това прозвище много широк смисъл. Историците сочат, че 3/5 от работите на Ойлер се отнасят към математиката, при това той е получил важни резултати във всички нейни области, които са съществували по негово време [2]. Затова Лаплас съветвал младите си колеги: *„Четете Ойлер, той е нашият общ учител“*. Още по-определено се е изразил Гаус: *„Изучаването на работите на Ойлер е най-добрата школа в различните области на математиката и нищо друго не може да я замени“* [1].

Най-важното постижение на Ойлер като математик е разработването на математическия анализ. Нютон не оставил приемници, способни да разпространяват създадения от него апарат на диференциалното и интегрално смятане. С това се заел Ойлер, който през 1755 година издал голямо и богато по съдържание съчинение *„Диференциално смятане“*, а по-късно (1768-1774) – три тома *„Интегрално смятане“*. Много години преди това (1748 г.) той публикувал *„Въведение в анализа на безкрайностите“* – двутомно съчинение, което може да се смята за първия учебник по аналитична геометрия. Към това трябва да се прибавят заслугите на учения за развитието на общата теория на числата (на която е посветил около 100 мемоара), за създаването на вариационното смятане, теорията на специалните функции и др.

Ойлер бил ненадминат майстор на формалните изложения и преобразования. Но той не е бил обикновен *„изчислител“*. Ученият е внесъл в науката редица дълбоки идеи, които и днес служат като образец за истинско проникване в същността на явлениято. Нещо повече, много от неговите математически открития се съдържат в работите, в които той решава физически задачи.

Именно тези изследвания са стимулирали развитието на теорията на диференциалните уравнения, приблизителните методи на анализ, специалните функции, диференциалната геометрия и т.н. Затова ще посочим някои от

Приносите на Ойлер във физиката

Своите основни резултати ученият систематизира в ред класически монографии: „Механика или Науката за движението, изложена аналитично“, „Теория за движението на твърдото тяло“, „Нова теория за движение на Луната“, „Нова теория за светлината и цветовете“ и др.

„Механиката“ на Ойлер може да се смята за програмна книга за физиката [3]. В нея той си поставя за цел да изложи механиката като рационална наука, основана на неголям брой определения и аксиоми. В това съчинение той за пръв път разглежда динамиката на точка с помощта на математичния анализ. В първия том е разгледано свободното движение на точка под действието на различни сили, както в празно пространство, така и в среда, оказваща съпротивление. Във втория том вече се разглежда движението на точка по дадена линия или по дадена повърхност. Голямо значение за развитието на небесната механика има главата за движение на точка под действието на централни сили. В тези разглеждания Ойлер показва пътя за прехода от сложни геометрични методи към изящни, аналитични. Смята се, че от това съчинение започва превръщането на механиката от геометрична наука в аналитична.

В монографията „Теория за движението на твърди или тежки тела“ Ойлер разработва кинематиката и динамиката на твърдо тяло, разглежда в общ вид произволно въртливо движение и движение под действие на произволни сили. С тези разработки той поставя началото на теорията за жироскопа и подготвя почвата за съвременната кинематика и кинетика.

На Ойлер принадлежи и коректната формулировка на механичния принцип за най-малкото действие. Може би затова някои са оспорвали приоритета на Мопертюи като автор на този принцип и го приписвали на Ойлер, но той самият отричал това. Неговата заслуга е в демонстрирането на универсалната приложимост на принципа [3].

Подобни исторически корекции могат да се направят и за други случаи. Например, на Ойлер принадлежи заслугата за въвеждането в механиката на функцията, наречена по-късно от Грин „потенциал“. Ойлер я въвел в „Теорията за движение на твърдото тяло“ през 1765 г., а историците приписват заслугата за това на Лагранж, който я въвежда едва в 1777 г. През 1767 г. Ойлер е получил уравнение, до което 30-години по-късно достигнал Лаплас (1796 г.), но то е известно като „уравнение на Лаплас“.

През 1746 г. Ойлер публикувал „Нова теория за светлината и цветовете“. По това време повечето физици са приемали корпускулярната теория за

същността на светлината. Ойлер бил сред малкото привърженици на вълновата теория. В споменатия труд той посочвал, че физическата причина за цветовете е тяхната различна дължина на вълната. Това фундаментално положение на теорията, заедно с допълнителното твърдение на учения, че на червените лъчи съответства максимална дължина на вълната, а на виолетовите – минималната, се е запазило и до наши дни. От своята теория той достигнал до извода за възможността за премахване на хроматичната аберация на лещите. В същата работа той предложил използваната и до днес формула за фокусното разстояние на двойноизпъкнала леща.

Ойлер първи въвежда в науката известното уравнение на светлинната вълна. Както отбелязва С.И.Вавилов, „разглеждайки движението на светлинните лъчи, Ойлер пише, вероятно първи в историята на учението за светлината, привичното ни сега уравнение на плоската монохроматична вълна, т.е. създава апарата на елементарната вълнова оптика“ [4].

Големи са заслугите на Ойлер и в други области на физиката и техниката. Той е автор на голямото съчинение „Морска наука“, в което са били систематизирани и решени всички трудни задачи, свързани с теорията на равновесието и движението на плаващи тела и със съпротивлението на течности. С тази книга, издадена за сметка на Петербургската академия и преведена на много езици, Ойлер превърнал изкуството на мореплаването в истинска наука.

„Физика за принцеси“

Едно от най-оригиналните и популярни съчинения на Ойлер може условно да се нарече „Физика за принцеси“. Той е оставил едно голямо предизвикателство спрямо всички учени от следващите поколения, като изложил своите основни физически възгледи в двутомно съчинение, озаглавено „Писма до една немска принцеса по някои въпроси на физиката и философията“...

Коя е тази принцеса, вдъхновила Ойлер за такава стъпка? Името ѝ е Ангалт Десауска – племенница на Фридрих II. По време на пребиваването на



учения в Берлин, принцесата пожелала да взима уроци по физика него. Той я занимавал старателно и за да бъдат уроците по-ясни за височайшата ученичка, след всеки урок записвал най-важните от своите доказателства и изводи.

Много по-късно, вече в Петербург (1768-1774 г.) Ойлер издал тези уроци в отделно съчинение със споменатото заглавие. В него физиката била изложена така, че да бъде разбрана от хора, които изобщо не са били запознати с тази наука. В „Писмата“ Ойлер демонстрирал високо методично майсторство, умения да въвежда силогизми и да използва математическата дедукция, с което правил теориите достъпни, а резултатите – очевидни.

Някои историци смятат, че „Писмата до немската принцеса“ прославили името на Ойлер повече отколкото неговите сложни изчисления и велики открития. Заради тяхната достъпност, през XVIII и XIX век те добили огромна популярност и претърпели над 40 издания на десет езика. Голяма част от съдържанието на това съчинение по-късно било включвано в учебниците за висшите и средни училища.

Тук си спомням за друг подобен случай в историята на науката, събрал гениален учител и височайша ученичка. През 1649 година кралицата на Швеция – Кристина – поканила Декарт в „двора“ си. И понеже осъзнавала, че съдбата ѝ е предоставила изключителен шанс, тя се разпоредила денят ѝ да започва с неговите уроци – от 5 часа сутринта.

Трябва да съжаляваме, че в наши дни или по-скоро у нас няма принцеси, заради които бихме се старали да изнасяме по-интересни лекции и да пишем по-разбираеми учебници.

И великите правят грешки

Критикувайки корпускуларните възгледи на Нютон за светлината, Ойлер коментира: *„Грешките на този велик човек свидетелстват за нашите несъвършенства, те трябва да ни заставят да признаем слабостта на човешкия дух, който даже издигнал се на най-високата степен, на която хората са способни, все пак често рискува да изпадне в най-големи заблуждения“*.

В такова заблуждение е изпаднал и авторът на тези редове по отношение на едно от големите военни изобретения. През 1744 г. Фридрих II помолил Ойлер да му посочи най-доброто съчинение, касаещо артилерията. По това време се появил трактат за артилерията, написан от френския физик Робен. Ойлер препоръчал да се преведе тази книга, въпреки че преди това Робен бил написал неблагоприятен отзив за неговата „Механика“. Нещо повече, той се заел сериозно с изучаването на съчинението и внесъл редица подобрения в него. Коментарите, с които Ойлер допълнил трактата, обогатили науката за артилерията. Книгата на Робен се превърнала в превъзходно произведение на артилерийското изкуство и била преведена на много езици.

Но заедно с приносите, Ойлер оказал лоша услуга на артилерията, като

отхвърлил системата за „нарезните“ оръдия, предложена от Робен. Със своите неоснователни нападки ученият забавил реализирането на тази идея в европейските армии.

Първите подобни оръдия са се появили още през XVII-ия век. В началото нарезите вървели по права линия – от единия край на дулото до другия. По-късно започнали да ги правят спирални, с което се придавало въртеливо движение на снаряда. Дълго време, обаче, това се правило емпирично, поради което в много случаи нарезите се оказали дори вредни.

По това време артилерийската наука още проходила. Робен създал теория, с която се опитвал да докаже предимствата на нарезните оръдия. Ойлер разбил на пух и прах тази теория. Критиката му била основана на множество изчисления и математически съображения. Но времето и опитът показали, че тази изчисления не били достатъчно точни. Неговият авторитет в Европа, обаче бил толкова голям, че мнението му било прието единодушно. Това не е единственият пример за вредата, която понякога авторитетите причиняват.

Присъдата над нарезните оръдия била приета със затворени очи. Изобретението, което можело да измени военното изкуство през 18-ия век, било отхвърлено. Едва стотина години по-късно, натрупаният опит и новите пресмятания показали грешките на Ойлер и справедливостта възтържествувала.

Заслугите на Ойлер

за създаването на съвременната наука могат да се сравнят само с тези на Нютон. Целият апарат на класическата механика, включително формулировките на нютоновите закони, и днес изучаваме като се ползваме от Ойлеровите разработки.

Огромната продуктивност на Ойлер винаги е предизвиквала изумление и възхищение. Той успял да публикува около 550 свои книги и статии. Но списъкът на трудовете му надхвърля 850 названия. Само през 1777 година – 70-годишният сляп учен подготвил почти 100 статии (заедно с ученика си Н.Фус) [5].

През 1909 година Швейцарското природо-математическо дружество започнало издаването на пълните събрани съчинения на Ойлер. Изданието завършило едва в 1975 година и съдържало 72 тома.

Умствените способности ученият запазил до последните си дни. В оформянето на статиите му помагали учениците и синът му – Йохан Ойлер. Той изглежда е притежавал някои от качества на баща си, защото бързо станал знаменитост. Двадесетгодишен, той вече бил приет в Берлинската академия, където му възложили ръководството на Обсерваторията.

Леонард Ойлер сякаш не можел да бъде нещастен, въпреки негодите, които съдбата му, поднасяла. Неговият ученик и биограф Н.Фус описва така последните му години: „Аз не зная по-нежна картина от онази, на която

много пъти съм се наслаждавал: да виждам почтения старец, обкръжен като патриарх от многобройното си семейство, което се грижеше старостта му да бъде щастлива, като услаждаше неговите последни дни с изключителни грижи и внимание“

В края на лятото на 1783 година Ойлер няколко пъти получил световъртеж. Но той не желаел да прекъсне работата си, защото се занимавал с пресмятане движението на неотдавна изобретените аеростати.

На 7 септември, същата година ученият обядвал с цялото си семейство. Гостувал му ученикът Лексел, с когото се опитвали да пресмятат орбитата на откритата от Хершел нова планета – Уран (1781 г.). По време на следобедния чай, Ойлер изведнъж изпуснал лулата и извикал: „*умирам*“, поразен от апоплексия.

Както сполучливо се и изразил неговият биограф Кондорсе, „*Ойлер престана да живее и изчислява*“.

Литература

- [1] Д. Я. Стройк, Краткий очерк истории математики, Москва, „Наука“, 1978 г.
- [2] Большая советская энциклопедия
- [3] М. Льоци, История физики, Москва, изд. „Мир“, 1970
- [4] Я. Г. Дорфман, История на физиката, том I, София, Наука и изкуство, 1980
- [5] Ю. А. Храмов, Физици. Биографична енциклопедия, Наука и изкуство, София, 1980

ЗАЩО АСТРОЛОГИЯТА Е ЛЪЖЕНАУКА?

В. Сурдин

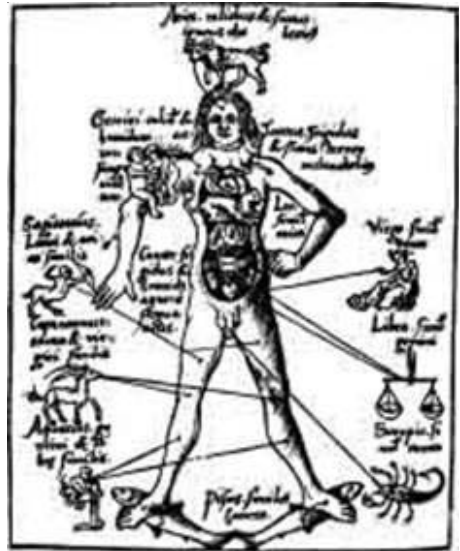
От всички науки само астрономията е удостоена със съмнителната «чест» хилядолетия наред да има редом със себе си една наукообразна сянка – астрологията. И макар техните пътища отдавна да са се разделили – астрономията стана една от най-точните науки, а астрологията се превърна в «социален наркотик» за утеха на хората със слаба воля – именно в нашата епоха те кой знае защо силно се сближиха в масовото съзнание на обществото. Дотолкова, че почти са се слели в битовия език на хората.

Сянката на астрологията. През 1995 г. написах книгата „Астрономически олимпиады“. Когато тиражът беше отпечатан и ми донесоха екземпляр от печатницата, с ужас видях върху етикетите на пакетите с книги от печатницата надписа Сурдин В. Г. „Астрологически олимпиады“. Живо си представих позора с тираж 10 хиляди екземпляра и едва не припаднах. За късмет грешката беше допусната само върху етикета, самата книга беше отпечатана върно.

През 1997 г. директорът на Специалната астрономическа обсерватория в Кавказ (САО РАН, където работи шестметровият телескоп) Ю. Ю. Балега ми разказа, че във финансовите документи на банката, обслужваща обсерваторията, тя се числи като Специална астрологична обсерватория и това не може да се промени – финансовите документи нямат обратен ход.

В „Пътеводител по Интернет“ (Москва, Синтез, 1995), подготвен от А. Гурин и др., на с.79 четем: “Виe можете да узнаете за квазарите, новите звезди и прочие в системата на астрологичната обсерватория Smithsonian в Кембридж“. Разбира се, става дума за Смитсоновската астрофизическа обсерватория в САЩ.

Обява в един московски ежедневник: “Обявен е конкурс за вакантната длъжност професор в катедрата по астрология на физическия факултет на МГУ“. В действителност става дума за катедрата по астрофизика.



Връзка на знаците на Зодиака и на планетите с органите на човешкото тяло според представите на астролозите. Гравюра от 1503 г.

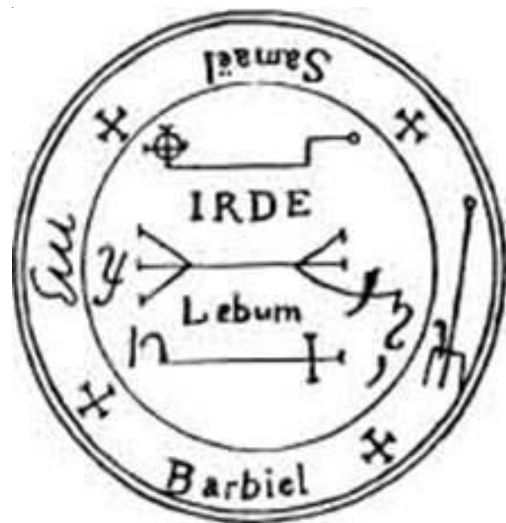
В каталога на публичната библиотека на Западния Московски окръг [1] солидното научнопопулярно списание на РАН „Земля и Вселенная“ е попаднало в раздела „Астрология“. Очевидно съставителите на каталога напълно отъждествяват астрономията с астрологията. Впрочем, моля да отбележите – разделът се нарича „окултни науки“, а не просто „окултизъм“ или „окултни учения“. Защото е известно, че „окултизъм“ (от лат. *occultus* – таен, съкровен) е общото название на учения, признаваща съществуването на скрити сили в човека и космоса, недостъпни за обикновения човешки опит, но достъпни за съответните „посветени“... Окултизмът представлява антипод, противоположност на научното мислене“ [2].

Бърканицата на думи и понятия понякога ражда учудващи химери: в московския вестник „Център-плюс“ (№ 14 от 1999 г.) четем: „Учените астрофизици успяха да открият истински прозорец към астрологичния свят“.

Но да не продължаваме този списък – вероятно всеки читател може да добави към него предостатъчно собствени свои примери.

Възниква въпросът – може би това са просто пропуски на невнимателни печатари? Вероятно част от тях наистина са. Но и несъзнателните грешки говорят много. Нека сега разгледаме резултатите от съзнателен избор. През 1999 г. мое разпитване на единадесетокласници от московската гимназия № 1543 показва, че всеки четвърти от тях счита астрологията за „наука, изучаваща връзката на Земята с Космоса“. Нека отбележа, че в по-голямата си част тези ученици са деца на научни работници, които без изключение след завършване на гимназията продължават образование си в най-добрите московски висши учебни заведения.

Представлява ли отъждествяването на астрологията с астрономията изключително руски феномен? Разбира се, че не. През 1990 г. анкета сред 2000 възрастни канадци изяснява, че 45 % от тях считат астрологията поне отчасти научна дисциплина. През 1991 г. подобна анкета сред 1500 първокурсници от Йоркския университет в Монреал показва, че над 92 % от разпитаните знаят своя зодиакален знак, над 20 % макар и рядко вземат решенията си, основавайки се на астрологична прогноза, повече от 45 % от студентите хуманитари и 37 % от студентите от естественонаучните факултети са съглас-



Астрологичен талисман – пентакъл.
Препоръчва се да се използва срещу «лош поглед» в книгата «Практическа магия», издадена през 1991 г.

ни поне с някои от принципите на астрологията – т.е. вярват в астрологията. При това повече от половината хуманитари и малко по-малко от половината естественици считат астрологията за наука [3]. Любопитното е, че тази ситуация практически не се променя вече няколко десетилетия (вж. таблицата).

Какви социални групи покрива „астрологичната сянка“ в най-голяма степен? Резултатите на допитванията показват, че към астрология в значително по-голяма степен са склонни жените. Този извод се запазва и за специално подбрани групи, където нивото на образование по естествени науки на мъжете и жените е еднакво. Оказва се, че връзката на това ниво с имунитета към псевдонаука не е толкова очевидна...

Въпреки твърденията на някои педагози, че е достатъчно да имате задълбочено научно образование, за да спрете растящата популярност на лъженауката, очевидните факти показват, че това не е така. Формалното преподаване на естествени науки, без акцент върху разликата между методите на изучаване на природата и религиозните, окултни и мистични методи на познание, не създава сигурен имунитет към ирационалното. Читателят е в правото си да попита кому е необходим такъв имунитет. Отговарям: в ръцете на хора, получили физико-математично образование, обществото дава техника с все по-голяма разрушителна мощ, функционираща по чисто рационални закони. Затова дори от чисто прагматична гледна точка е добре съзнанието на такива хора да не бъде засегнато или замъглено от мистика. Разбира се, има и други аргументи. Но да се върнем към астрологията.

Отношение към астрологията	Възраст от 18 до 24 г.	Всички възрастови групи над 18 г.		
		мъже	жени	всички
Вярват	38%	18%	26%	22%
Не вярват	55%	73%	64%	69%
Неопределено	7%	9%	10%	9%
Познават своя зодиакален знак	96%	69%	83%	76%
Редовно четат астрологичните прогнози	26%	16%	29%	23%

Науката и астрологията в миналото. Родена от народните обичаи, древната астрология е била неизбежен етап в развитието на естествознанието. Тя излявявала и използвала за прогнози връзката на годишното обикаляне на Земята около Слънцето с периодите на засушаване и проливни дъждове, с обилието на храна и глада – или най-общо казано с времето. Всъщност по това време астрологията не се е отделяла от „интегралния пакет“ знания за природата. Своето лице, своята индивидуалност, своя съвременен смисъл ас-



Астрологически препоръки за провеждане на сезонни дейности. Френска гравюра от 1504 г. Колкото и да е странно, подобни съвети можете да видите и в съвременни списания.

рабиблос“ – трудът, който и до днес служи като основен учебник на астролозите от западното направление. Широко разпространена в Европа в епохата на Средновековието и Възраждането, астрологията е служела и като движеща сила за някои астрономични открития от онова време. Но и тогава отношението на учените към нея не е било еднозначно.

Например, принципният критик на астрологията – гръцкият филолог Георг Трапезундски (1395-1483), е автор на трактата „За шарлатанството“ и на труда-разсъждение „Защо астрологичните данни в голямата си част са лъжи“. Последователен противник на астрологията, при това създал както казват доста грижи на нейните жреци, бил княз Йоан Пико де Мирандола (1463-1494), автор на „Изследвания по астрология“ и „Разяснения и опровержения на съчиненията на Птоломей“. В същото време един от най-ярките учени на XV век Йохан Мюлер (1436-1476), известен в астрономичната литература като Региомонтан, предприема ревизия на астрологията: въвежда ново деление на астрономичните „къщи“ и чрез изчисления на астрологичните влияния на звездите, които напълно заменили астрологичната методика на Птоломей [5].

Нерядко се казва, че даже Кеплер и Галилей са били отчасти астролози. Що се отнася до Йохан Кеплер (1571-1630), няма съмнение че той е съставял хороскопи за влиятелни лица. Обаче трябва да се отчетат обстоятелствата на неговия живот и това как той сам оценява тази своя дейност: „Разбира се, астрологията е глупавата дъщеря; но, боже мой, къде щеше да се дене нейна-

трологията придобива едва тогава, когато се заема с прогнозиране на характера и съдбата на хората. От този момент възниква и не изчезва границата между нея и науката. Още древногръцкият математик и астроном Евдокс, живял около 370 г. преди Христа, пише, че „не трябва да се доверяваме ни най-малко на халдеите и техните предсказания и твърдения за живота на хората, основаващо се на датата на тяхното раждане“ [4].

Но по това време същността на астрологията не е била така очевидна. Във всеки случай тя е стимулирала астрономичните наблюдения и търсенето на закономерности в движението на планетите. Клавдий Птоломей – един от най-видните астрономи и математици на античността, е същевременно и автор на „Тет-

та майка, високомъдрата астрономия, ако не беше тази нейна глупава дъщеря. Светът е още по-глупав и толкова глупав, че за полза на своята стара разумна майка глупавата дъщеря трябва да бърбори и лъже. А и заплатата на математиците е толкова малка, че майката вероятно би гладувала, ако дъщеря ѝ не припечелваше по нещо“[6].

Припечелвайки своя горчив зальк като астролог, Кеплер често се е изказвал доста презрително за този занаят: „Астрологията е такова нещо, за която не си заслужава да се хаби време, но невежите хора мислят, че с нея трябва да се занимават математиците“. Панаирното гадаене по звездите не му е била по душа. „Астролозите – пише той – са избрали разделянето на небето на 12 „къщи“ за да могат да отговарят по различен начин на въпросите на родените през различните месеци хора. Аз смятам, че такъв начин на действие е невъзможен, суеверен, пророчески и води началото си от арабската магия, защото по такъв начин всеки въпрос, който възниква в главата на хората, получава утвърдителен или отрицателен отговор“. В своите търсения на световна хармония и движещи сили на природата Кеплер е считал за неоснователен отказа от наблюденията и съпоставянията, натрупани от древната наука. В едно от своите съчинения той предпазва изследователите „те да не отблъскват лекомислено звездословното суеверие, за да не изхвърлят детето от коритото заедно с мръсната вода“.

Трябва да се отбележи, че при Кеплер е имало причини да се говори така, защото в борбата с астрологията са се случвали и гафове. Така Галилео Галилей (1564-1642) не е приемал хипотезата на Кеплер за влиянието на Луната върху морските приливи и отливи. Не последна роля за това е изиграло неговото отрицателно отношение към астрологията, с която се е занимавал Кеплер. (За да осигури прехраната си, самият Галилей създал работилница за изработване на телескопи). Може само да се съжالياва, че редица автори, не познаващи добре историята на науката, отнасят Галилей към астролозите.

При цялата си взаимна симпатия и уважение един към друг и към научния авторитет на другия, (което личи от кореспонденцията помежду им) Галилей и Кеплер имат полярно противоположни възгледи: рационалният ум на Галилей не приема мистичните построения на Кеплер. Дълбокият позна-



Клавдий Птолемей – «кралят» на астрономите. Алгорично изображение на гравюра от 1503 г.



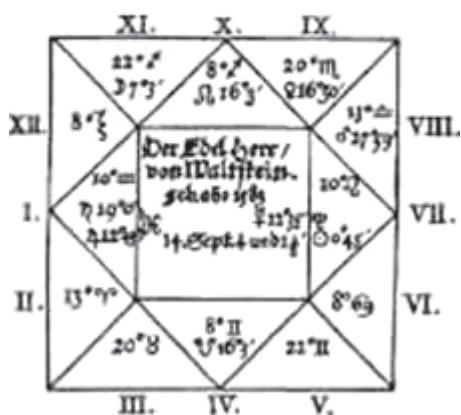
Хороскоп от епохата на Възраждането.

вач на тази епоха проф. Н. И. Иделсон пише, че „за Галилей астрологията, която е толкова разбираема за Кеплер, не съществува.“ [7]. В „Диалози за двете системи на света“, излагайки чрез устата на Салвиати своята теория за приливите, Галилей казва: „Сред хората, разсъждаващи за това забележително явление, най-силно се удивлявам на Кеплер – бидейки човек със свободен и остър ум и владеейки теорията на движенията, приписвани на Земята, при всичкото това той обръща внимание и се съгласява с мнението „за влиянието“ на Луната върху водата, за скрити качества и други подобни детски измислици“.

Сам Галилей развива друга, „чисто механична“ теория на приливите, основаваща се на наслагването на дневните и годишни движения на Земята, предизвикващи някакви периодични ускорения и забавяния на водата върху нейната повърхност. Според Галилей те са и основната причина за полуденонощния прилив, чийто максимум настъпва на всеки 12 часа. „Да се признае, че тук действат Луната и Слънцето и че те предизвикват подобни явления, е нещо, което напълно противоречи на моя разсъдък“ [7] – с такова негодуване той отхвърля всякакво възможно космическо влияние на Земята, изхвърляйки „и детето с водата“.

В едно писмо от 21 май 1611 г. Галилей тънко иронизира астрологията, разсъждавайки например за това, „влият ли или не“ върху живота на земните жители спътниците на Юпитер, за чието същест-

Horoscopium gestellet durch
Ioannem Keplernum
1608.



Хороскоп на херцог Албрехт
Валенцайн, съставен
от Йохан Кеплер през 1608 г.

вуване никой не е знаел преди откриването им от Галилей. Както виждаме, въпреки че забележките на Галилей за „небесните влияния“ не правят винаги чест за научната му проникателност (като в случая с приливите), но пък еднозначно подчертават неговото отхвърляне на астрологията. Галилей обявил война на средновековните доктрини и не е могъл да допусне в основата на неговите знания да има нещо тайнствено. Така се е раждала съвременната наука.

Но астрологията запазва своята популярност сред интелектуалци и проста публика чак до края на XVII век, т.е. до епохата на Просвещението. В това отношение има статистика – това е броят на астрологичните съчинения, публикувани през различните векове: през XV век – 51 съчинения, XVI век – 306, XVII век – 399, XVIII век – 108 и XIX век (до 1880 г.) – 47 съчинения [8]. Както виждаме, бурното развитие на науките през XVII – XVIII векове изтласква астрологията извън интереса на просветената публика. Но през XX век, в епохата на грамотност, когато да четат могат практически всички, но критично да мислят – само малцина (както си е било и по-рано), астрологичната литература отново предизвиква интерес. Любопитно е дали ще може някога да се пресметне количеството астрологична литература, издадена през XX век?

През XX век астрологията наново става популярна. Тя възстанови своите позиции в Европа, особено в нацистка Германия. Понастоящем в западното общество и в Русия астрологията преживява за пръв път от XVII век насам максимум на популярност. За разлика обаче от предишните епохи, днешната астрология няма нищо общо със съвременните астрономични изследвания и открития.

Какво представлява астрологията днес. Като обществено явление съвременната астрология е явление не по-малко сложно, отколкото например спортът. Чувайки от непознат човек, че той се интересува от спорт, вие трудно ще разберете с какво точно той се занимава: бяга, скача, тренира спортисти, ръководи отбор, организира състезания или пише за спорта.

Понятието „астрология“ днес е станало така многопланово и неконкретно, както и понятието „спорт“. Има практикуващи астролози с чисто търговски интереси, заети главно с борба за влияние в медийното пространство и книгоиздаването. Техните познания в астрология-



*Астролози съставят хороскоп.
Средновековна гравюра.*

та се ограничават с дежурен набор от мъгливи фрази и умение да манипулират с плиткоумни (несъздадени от тях) компютърни програми за съставяне на хороскопи.

Има и астролози с „академична насоченост“, заети повече със самоутвърждаване, отколкото с печалбарство. Тяхната търговска дейност се ограничава с обучаване на слушатели на курсове в астрологични академии, както и с консултантски услуги на неголеми фирми. Основният им интерес всъщност е насочен към самообразование, със завоюване на престиж сред колегите, с подготовката на учебни помагала и изказвания на конференции. Ето една скромна илюстрация – Обединеният руски астрологически конгрес през 1996 г. премина под девиза „Професионализмът в астрологията“. Почти без изключение това са хора с висше образование, сред тях нерядко можеш да видиш доктори на науките. Но те са безусловно предани на астрологичните

идеи и окончателно са прекъснали връзките си със своето естественонаучно минало.

И накрая, думата „астрология“ с известно смущение се произнася и от „обикновени“ учени – астрономи, физици, биолози. Те са малко, но такива съществуват. Тези естествоизпитатели си признават, че се интересуват от астрологията като отправна точка и възможна „база данни“ за изследване на космическото влияние върху Земята и биосферата. Разбира се, ние оставяме на мира историците на науката, социолозите и психолозите: за тях астрологията е предмет на изследване.

Каква астрология имаме предвид, когато говорим за необходимостта от борба с нея? Много просто – онази, която не е наука, но се преоблича с нейните дрехи. Съвременната наука се опира на твърдо установени факти. В това е нейната сила, в това е и нейната ограниченост. Докато няма сигурни експериментални или наблюдателни факти, ученият не може да се занимава с фантазии – за това съществуват други специалисти (в наше време неясно защо те се обединяват от събирателното понятие „творческа интелигенция“, като че ли ученият или инженерът не е достоен да бъде част от нея).

Впрочем, „опирайки се на твърдо установени факти“ съвсем не означава сляпо да се вярва в установени от някого и някога истини. Точно обратното: основаните на законите на физиката инженерни разработки всеки ден и час проверяват тези закони в най-различни съчетания и в нови, неочаквани усло-



Хороскоп на Петър I, съставен от учителя на децата на цар Алексей Михайлович Симеон Полоцки.

вия. Стига в работата на тези машини или в наблюдаваните природни явления да се появи и най-малък намек за разминаване със съществуващите научни теории, те веднага се модифицират, обобщават, а понякога напълно се отхвърлят. Експериментаторите непрекъснато се съревновават кой пръв ще забележи такъв „намек“, а теоретиците – кой пръв ще предложи по-точен модел на явлението. Затова ограничеността на съвременната наука идва не от липсата на творчески потенциал в нея, а от изискването за твърд фактологичен фундамент под нейните построения.

Как влияят върху нас звездите и планетите. През последните години космическото влияние върху Земята и нейната биосфера се превърна в „общоприет метод“. За него се пише, снимат се филми, от него се страхуват. Днес човешкият страх се експлоатира от мнозина, в това число и от такива, които имат отношение към изучаването на Космоса. Някои научни колективи, останали без финансиране от военните, се опитват по различен начин да привлекат внимание и по някакъв начин да осигурят съществуването си. Не става дума за продаването на звезди на населението – с това са се заели явни мошеници.

Имам предвид истински учени, искрено привързани към своята работа, но понякога преминаващи границата при общуването с публиката, увлечени в стремежа си да привлекат нейното внимание към безусловно важните за тях изследвания.

В резултат на това се появява раздута до неприлични размери астероидна опасност (кой не е виждал по телевизията бедния динозавър, бягащ от метеоритен дъжд!), закритите от Слънцето личица на австралийските деца заради страха от озонната дупка, всекидневните прогнози за геомагнитни бури (на които е много удобно да се припишат прекъсванията на радиотелефонните връзки), дълговременните прогнози на слънчевата активност (правени винаги с драматична нотка в гласа). Нашият живот почва да прилича на пътешествие с продънена лодчица в бурен океан – всеки момент ще се пръсне на трески „от земното ехо на слънчевите бури“.

Разбира се, Земята не съществува във вакуум. Върху нея падат метеорити и космически частици, тя се осветява от Слънцето, планетите и звездите. И тяхното влияние върху биосферата се изследва. Ако оставим настрана очевидната връзка между жизнените процеси със слънчевата светлина, то всич-



Астрология. Рисушка на Ханс Холбайн, XVI век.

ки останали „влияния“ носят слабо изразен, непредсказуем и даже недоказан характер [9].

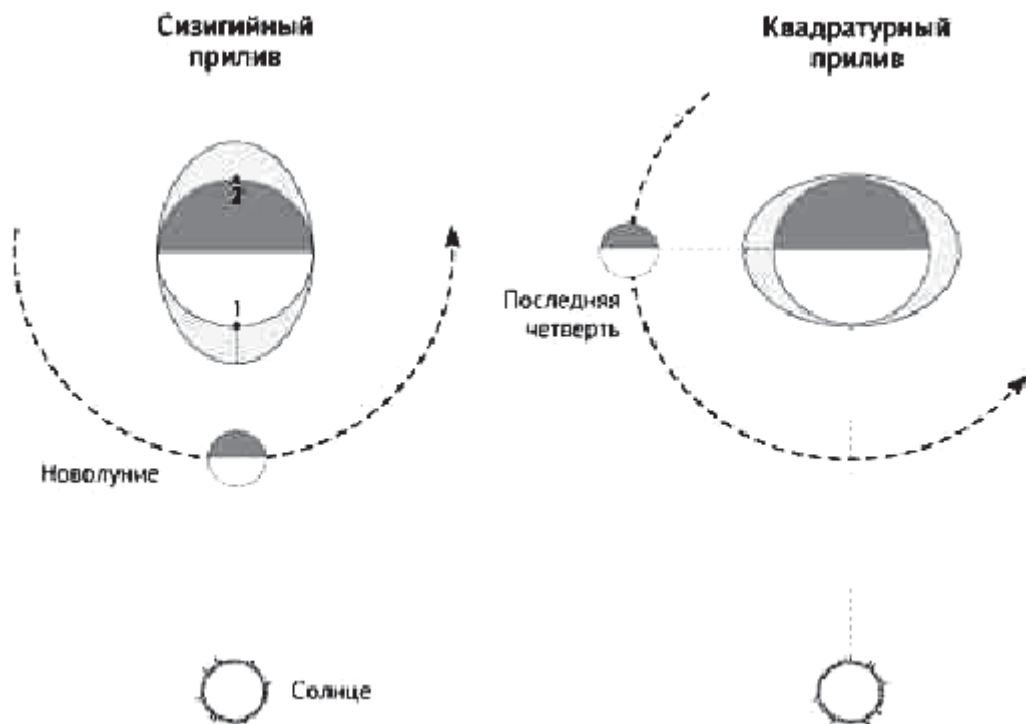
Най-грамотните измежду астролозите вече разбраха, че е по-добре вече да не говорят за пряко влияние на звездите и планетите върху Земята – толкова незначително е то. Сега предпочитат заклинания от типа „космически ритми“, „звезден часовник“ и други указания за непреки и нефизически връзки между биосферата и звездното небе. Обаче аз искам да се върна към темата за физическото влияние на планетите и звездите върху Земята, за да не остане у читателя съмнение в това отношение.

От всички видове физически взаимодействия донякъде сериозно може да се говори само за гравитацията – останалите полета, потоците частици и излъчвания на звездите и планетите в околността на Земята са така слаби, че тяхната регистрация даже с чувствителните съвременни прибори изисква немалки усилия.

За да се усети гравитационното влияние на Луната върху Земята, трябва да се измери разликата на лунното притегляне в различни точки на Земята. Тя не е голяма: най-близката към Луната точка от земното кълбо се привлича от нея с 6% по-силно, отколкото най-отдалечената. Тази разлика на сили те разтяга нашата планета в посока Земя-Луна.

Тъй като Земята се върти относно тази посока с период около 25 часа, то с такъв период по нашата планета пробягва и двойна приливна вълна – две „гърбици“ по посока на разтягането и две „вдлъбнатини“ между тях. В твърдото тяло на планетата и в открития океан височината на тези „гърбици“ не е голяма – до половин метър. Затова ние не забелязваме тези приливи нито в океана, нито на сушата. И само по тясната крайбрежна ивица може да се забележат приливите и отливите поради подвижността на океанската вода – изливайки приливната вълна на брега (с немалка скорост: до стотици метра в секунда!), тя може по инерция да се издигне на височина до 16 метра.

По същия начин действа на Земята и Слънцето, наистина то е по-масивно, но е и значително по-отдалечено от Луната. Височината на слънчевите приливи е два пъти по-малка от тази на лунните. По време на пълнолуние или новолуние, когато Земята, Слънцето и Луната лежат на една права, лунните и слънчеви приливи се наслагват. А по време на първата и последна четвърт на Луната тези приливи отслабват, защото „гърбицата“ на едното въздействие се наслагва с „падината“ на другото. Лунно-слънчевите приливи са важни и забележими явления, оказали влияние върху живота на земята [10]. Например под тяхно влияние Земята постепенно забавя своето въртене и продължителността на деня се увеличава. Още по-силно те действат върху Луната: отдавна тя толкова е забавила своето денонощно въртене, че постоянно е обърната към нас с едната си страна.



Възникване на приливите. Силата, която предизвиква прилива, е равна на разликата между силата на привличане, упражнена от Луната и Слънцето върху частица на земната повърхност, и силата на привличане, упражнена от същите тела върху частица със същата маса, намираща се в центъра на Земята. За частиците в точки 1 и 2 небесното тяло се намира в зенита и надира – следователно силата е насочена по радиуса на Земята от нейния център. Тя намалява силата на тежестта в тези точки поради действието на лунното привличане на около $1/89000000$, а намалението заради слънчевото привличане е още 2,17 пъти.

В междинните точки силата е насочена хоризонтално по допирателната към земната повърхност. Тя насочва водата към точките 1 и 2. В зависимост от взаимното положение на Слънцето и Луната, тяхното влияние се събира или изважда.

Поради това големината на приливите може да варира 2,7 пъти.

Гигантските приливни ефекти, влияещи на движението на планетите, създават илюзията, че и малките живи тела също трябва да се управляват от тях. В резултат чуваме от творците на научната астрология наивни твърдения като: „Луната предизвиква приливни явления във всички течни системи на Земята – от океаните, в полутечното ядро на Земята, във всеки клетки в организма, включително в междуклетъчната течност“ [11]. Въз основа на подобни твърдения се опитват да обяснят явлението лунатизъм, много популярно в астрологията, предлагат и „биологична теория на приливите“. Аргументите им са от рода: „Луната предизвиква приливите на моретата, а човек

почти изцяло е съставен от вода, следователно, и той трябва да претърпява родствени явления“ [12,13]. Разбира се, водата тук няма никаква вина: земната повърхност, както знаем се деформира по същия начин, както и морската вода, само че сушата не може „да тече“ и затова вълната залива бреговете. А от гледна точка на физиката „биологичната теория на приливите“ изглежда просто смешна: та нали всеки човек, стоящ редом с друг, оказва върху него гравитационно-приливно влияние, приблизително милион пъти по-силно, отколкото Луната.

Още по-несериозно изглежда твърдението за прякото приливно влияние на планетите върху Земята – достатъчно е да се погледне приведената таблица. Сумарното действие на всички планети не може да предизвика на Земята приливна вълна, по-висока от 0,045 милиметра!. А тяхното влияние на конкретно живо същество ще предизвика изкривяване на неговата форма, не по-голямо от размера на един атом!

Височина на статистическия прилив (в микрометри), предизвикван от планетите, върху повърхността на Слънцето и Земята

Планета	Приливи	
	на Слънцето	на Земята
Меркурий	400	0,23
Венера	900	40,0
Земя	400	–
Марс	10	0,4
Юпитер	950	4,0
Сатурн	50	0,15
Уран	1,0	0,0024
Нептун	0,3	0,0007
Плутон	0,00003	8.10^{-8}

Сега ще засегнем един малко по-сложен въпрос – опосредстваното влияние на планетите върху биосферата на Земята, където в качеството на „усилвател“ се използва Слънцето. През 20-те години на миналия век пионерът на хелиобиологичните изследвания в Русия А.Л.Чижевски беше писал: „Знаем че периодичната дейност на Слънцето не е напълно самостоятелна. Има ясни основания да се мисли, че тя се намира в определена зависимост от местоположението на планетите в Слънчевата система в пространството, от тяхната констелация една спрямо друга и спрямо Слънцето ... По такъв начин и земните явления, зависещи от периодичната дейност на Слънцето, са така да се каже под контрола на планетите ... Изследванията, проведени с цел да се изясни влиянието на планетите върху дейността на Слънцето, дадоха напълно положителни резултати: в периодичността на слънчевата активност се

наблюдава периодичността на движението на планетите“ [14]. След изминалите оттогава години сега разбираме, че Чижевски е проявил необоснован оптимизъм: нееднократните усилия за свързване на слънчевата активност с разположението на планетите така и не доведоха до очаквания от него резултат.

Какво е всъщност реалното влияние на планетите върху Слънцето? От приведената таблица се вижда, че даже когато всички планети се подредят в редица, тяхното влияние върху Слънцето не ще бъде по-голямо от 3 милиметра. Независимо от пренебрежимата стойност на тази величина, журналистите регулярно заплашват лековерната публика с „парада на планетите“!

През 1974 г. в САЩ се появи книгата на Дж.Р.Грибин и С.Х.Плейжмен „Ефектът на Юпитер“. В нея се твърдеше, че през 1982 г. всички планети ще се окажат от едната страна на Слънцето и този „парад на планетите“ ще предизвика смущения в него, които ще се окажат убийствени за Земята. Настъпи 10 март 1982 г. – моментът на най-голямо сближение на всички планети и, разбира се, нищо страшно не се случи нито на Земята, където стихийните бедствия не превишаваха обичайните, нито на Слънцето: не бе установено никакво увеличаване на неговата активност. Обещаха нов апокалипсис на 11 август 1999 г., когато „парадът“ съвпаднаше със слънчево затъмнение. След това „краят на света“ трябваше да настъпи през май 2000 г. „когато Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, Слънцето и Луната ще се подредят в една линия и Земята ще потрепери“ – както съобщаваше вестник „Известия“ от 29 май 1998 г. (бр. 97), позовавайки се на „The Sunday Times“. И неведнаж бяхме свидетели на такива прогнози, експлоатиращи основните инстинкти на човека, един от които е страхът.

За любителите на физиката, които обичат да хващат журналистите в неграмотност, да напомним наивността на самото понятие „парад на планетите“. Защото приливната деформация разтяга тялото не по направление на линията на нареждане, а ги свива по направление, перпендикулярна на нея. Затова до същия ефект води и построяването на планетите по една линия, но от двете страни на Слънцето (както посочихме, лунните и слънчевите при-



Сатурн и Марс – «злотворните планети». Гравюра от 1519 г. Астролозите и до днес смятат, че те носят нещастие на родените под техните знаци.

ливи се наслаждат по време на новолуние и пълнолуние). Но съвременните астролози не забелязват това. Всъщност, около 70% от приливното влияние върху Слънцето се дължи на Юпитер и Венера, като максималната височина на прилива се достига, когато те лежат на една права със Слънцето. И това се повтаря примерно на всеки четири месеца, обаче никакви изменения на слънчевата активност с такъв период не е забелязан.

Изобщо е трудно да се очаква какъвто и да е забележим ефект от приливното въздействие върху Слънцето, защото енергията на деформацията, която ежесекундно се разсейва в неговите недра е хиляди пъти по-малка от неговата термоядрена мощ. Но даже и това не означава, че всеки „парад на планетите“ увеличава светимостта на Слънцето с 0,1%, защото топлинната инерция на слънчевото тяло е от порядъка на милиони години и загладва всякакви подобни колебания.

И накрая, обръщайки внимание на космичните тела, разположени извън пределите на Слънчевата система, няма смисъл да натоварваме читателите с упражнения по физика, а направо ще кажем, че влиянието на звездите върху нашата биосфера е толкова нищожно, че въобще е несъпоставимо с никакви обикновени мащаби.

Как да разобличаваме астрологията? За човек, възприемащ рационални аргументи, разобличаването на астрологията не представлява проблем: достатъчно е да се запознаем със статистиката дали се оправдават нейните предсказания. Ето резултати от няколко такива работи [15].

Психологът от Мичиганския университет Б. Силберман изучава влиянието на зодиакалния знак, съответстващ на раждането на всеки един от съпрузите, върху вероятността за тяхното бракосъчетание. Използвани са данните на 2978 сватби и 478 развода, регистрирани в Мичиган през периода 1967-1968 г. Ученият сравнява реалните данни с предсказанията на двама независими астролози относно благоприятното или неблагоприятно съчетание на зодиакалните знаци на съпругеската двойка. Оказва се, че няма никакво съвпадение между предсказанията и реалността. От което Б. Силверман прави заключението, че „положението на Слънцето в зодиака в момента на раждането не оказва никакво влияние на формирането на личността“.

Астролозите твърдят, че с помощта на хороскопи може да се види предразположеността на човека към една или друга професия. Ако е така, то това крие немалък икономически ефект. Вероятно затова Дж. Бенет и Дж. Барт – икономисти от Университета във Вашингтон – се опитват да изяснят влияе ли положението на планетите относно зодиакалните знаци върху професионалните склонности на хората, в частност, на честотата на постъпване на юношите на военна служба (в САЩ военна служба е професионална – бел. прев.). Особено внимателно са изследвани субектите, „управлявани от Марс“. Резултатите не потвърждават астрологичните предсказания. Американски-

ят физик Дж. Мак-Джерви е изследвал разпределението на датите на раждане на 17 хиляди учени и 6 хиляди политически дейци относно зодиакалните знаци. То се оказва напълно случайно.

Проверявано е качеството на предсказваните от астролозите характери на хората. За целта психологът от Чикаго Дж. Мак-Гру се обръща към Федерацията на астролозите от щата Индиана. В неговия експеримент се съгласяват да участват шест специалиста по „четене на звездите“. По молба на Мак-Гру, 23 доброволци отговарят на писмена анкета, съдържаща както астрологични, така и традиционни въпроси за качеството на техния характер, работа и т.н. На астролозите, както и на шест члена от контролна група, незапозната с астрологията, са съобщени времето и мястото на раждане на доброволците. След това посочените в анкетата характеристики на доброволците са били съпоставени с предсказанията на групата на астролозите и контролната група. Ето и получения резултат: предсказанията на астролозите с нищо не превъзхождат предсказанията на членовете на контролната група, като при това нито едните, нито другите корелират с действителните характеристики на доброволците. А най-любопитното е, че характеристиките на едни и същи доброволци, дадени от различни астролози, силно се различават помежду им.

Трябва да се отбележи, че с проверката на предсказващата сила на „четенето по звездите“ се занимават не самите астролози, а „странични хора“. Голямата част от учените считат, че астрологията, бидейки прототип на всички псевдонауки, въобще не е заинтересувана от точното обосноваване на основите си. Това не толкова озлобява учените, колкото ги разстройва – те просто недоумяват



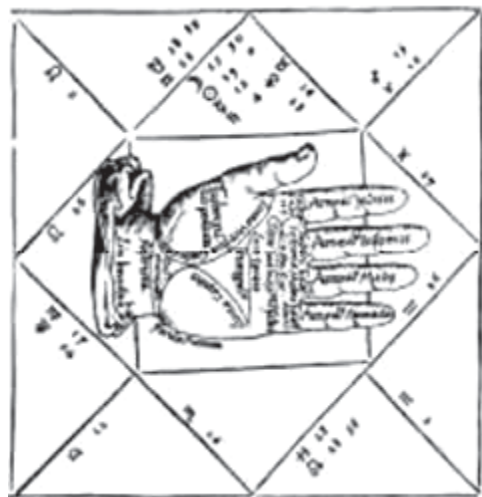
Според представите на астролозите планетата, която най-много влияе на човека, определя неговите професионални склонности.

Родените под знака на Сатурн, например, с голям успех биха работили като миньори, каменари, строители, гърнчари, таксиметрови шофьори, гробари, обуцари, боклукчи, фермери и агенти по продажба на недвижима собственост. И понеже Сатурн е «злотворна планета», всички тези занаяти би трябвало да им носят само нещастия.

как може такава лъженаука като астрологията да процъфтява в най-силно развитото технологически общество в цялата човешка история.

Професионалните учени, опитващи се да намерят в астрологията рационално зърно, считат [16], че най-интересни в това отношение резултати са получени от парижкия статистик М. Гоклен [17]. Гоклен е изучил архивните данни, съдържащи датата, времето и мястото на раждане на 41 хиляди жители на Европа; сред тях 16 хиляди известни артисти, учени, писатели, спортисти и т.н., както и 25 хиляди „прости“ хорица. Той съпоставя положението на планетите и съзвездията в момента на раждане на човека с типа на неговата личност и вид на занимание. Оказва се, че хороскопите напълно лъжат: няма никаква връзка между характера и дейността на човека с неговия зодиак и разположението на планетите в момента на неговото раждане. Затова Гоклен отнася астрологията към раздела на химерите. Обаче той успява да набележи няколко интересни закономерности, които му дават основание да счита своята работа за „крайъгълен камък на една нова наука – космобиологията“.

Оказва се, че за „простите хора“ момента на раждане не зависи от конфигурацията на планетите, а при знаменитите – зависи. Отчитайки известните от демографията закономерности на раждане на хората в различни дни на



Астрологията е тясно свързана с хиромантията – «изкуството» да се предсказва характера и съдбата на човека по линиите на дланта на ръката му. Астролозите и хиромантите смятат, че всеки пръст от ръката и всяка папиларна линия се управляват от отделна планета. От книгата «Lexicon der Astrologie», 1988 г.

годината и различно време на денонощието, Гоклен установява, че знаменитите представители на своята професия се раждат преимуществено при определено положение на някои планети относно линията на хоризонта. Той показва, че положението на Слънцето, Меркурий, Уран, Нептун и Плутон не влияят на професията, а Луната, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн – влияят. Така в групата от 2088 известни спортисти мнозина от тях са се родили, когато Марс е изгрявал или е бил близо до горна кулминация. За известните военни важи същото, само че относно Сатурн.

Изводите на Гоклен са проверявани нееднократно: едни изследователи ги потвърждават частично, а други ги опровергават. Самият Гоклен търси възможност за обяснение на установената от него закономерност на нивото на генетична информация, която според него може да бъде управлявана от ритми,

единни както за биологичните обекти, така и за цялата Вселена. Е, търсенето е благородно дело, обаче сериозни резултати в тази посока засега няма.

Трябва ли да се „воюва“ с астрологията? И така, от гледна точка на естествознанието астрологията е бурен, сапунен мехур, лишен от рационално съдържание. Там, където това е възможно, науката създава методи за прогноза, без да ги забулва с мистика. А там, където това е невъзможно, заявява това ясно, без да вдъхва празни надежди, както правят астролозите. Науката и астрологията не са спътници. И ако астролозите най-безсъвестно не си присвояваха високата репутация, заработена от науката и в частност от астрономията, нямаше да има и статии като тази, и едва ли щеше да им се обръща особено внимание, нито да се отделя астрологията от други подобни прояви на масовата култура. Но когато диктор по телевизията заявява, че „днес по астрологичния календар ще бъде най-краткият ден и най-дългата нощ“, а брадат астролог „назначават“ за утре слънчево затъмнение, ми се ще да изкрещя: „Хора, какво общо имат с това астролозите? Това са резултати на нормални научни пресмятания, направени от астрономи. Покажете ми астролог, който самостоятелно да може да изчисли поне продължителността на деня, да не говорим за предстоящо слънчево затъмнение! Хора, нима смятате, че астролог, който е прочел в Астрономичния календар за утрешното слънчево затъмнение, ще може също толкова лесно да прочете и книгата на вашата съдба? Тази книга, за разлика от Астрономичния календар, не може да се купи в книжарницата“.

Не е рядко адептите на астрологията да наричат нейните противници „догматици и схоласти, неспособни да усетят зараждането на новата наука“, Оставям на читателите сами да преценят справедливостта на тези обвинения.

Това, което по навик наричаме „борба с астрологията“ съвсем не е стремеж тя да се изкорени. В дадения случай позицията на учения е в желанието му да се опази науката, нейното „авторско право“ и честно спечелен авторитет от посегателствата на „неканени гости“, жадуващи да експлоатират този авторитет с користни цели.

Както е известно, учените са скептици, а вярващите – догматици. Тъкмо заради това науката и вярата са несъвместими. Те могат да се допълват една друга, но нямат правото да диктуват и налагат една на друга своите принципи. Тази мисъл, станала сега очевидна и за нас руснаците, като че ли разделя науката и вярата (в широк смисъл, а не само религиозната вяра) в различни страни, без да им оставя допирни точки. Но това не е така. Там е работата, че положението на науката и вярата съществено се различават. Науката практически няма конкуренти в своето поле на дейност: напълно очевидно тя е доказала своята способност да решава поставените и задачи. Опитите за провъзгласяване на „алтернативни“, „неофициални“ науки като уфология, парапсихология и подобни на тях практически не засягат науката.



Победата на християнството над небесните езически сили. Гравюра от 1513 г. През двете хилядолетия история християнството се е отнасяло различно към астрологията – от пълно неприемане до безусловно признание. Астролози са били някои римски папи, кардинали и епископи. Известният религиозен философ Тома Аквински (1225-1274) признавал ползата от естествената астрология (признаците за времето, свързани с видимостта на светилата), но смятал за недопустима предсказателната астрология. Съвременната теология разглежда астрологията като користолюбиво използване на суеверието и невежеството на хората, а предсказването на бъдещето – като директна заплаха за вярата.

звездите и планетите в момента на раждане. Друго съдържание би изисквало и друга терминология.

Западната астрология се е родила в древен Шумер, когато хората, не раз-

В областта на вярата ситуацията е съвсем друга – там се наблюдава жестока конкуренция. А това, че битувашката в обществеността астрология се отнася именно към тази област, признават даже благопожелателно отнасящите се към нея учени: „Далеч не всички хора се нуждаят от истината такава, каквато се разбира тя в науката. В астрологията от древни времена присъства течение с окултно-мистична насоченост. Ако човек се чувства комфортно в рамките на такава идеология и това му помага достойно да носи тежестите на живота, то такава идеология има право на съществуване (след като тя не съдържа явни елементи на антиобществено поведение) [16].

Без да бъде наука, астрологията търси своята ниша, своя оригинален образ и го намира по пътя на мимикрията, докарвайки се с научни одежди, обкръжавайки се с компютри и наукообразна терминология, но при това без въобще да признава научния метод.

Трудно е да се съгласим с изказването на А. Л. Чижевски, че „астрологията, ако изхвърли всичките си мистични заблуждения, е учение за връзката между всички неща и явления“ [14]. Астрология без мистика вече не е астрология, а нещо друго – космобиология, хелиобиология, ритмобиология, в края на краищата и философия. Ако пък постоянно се мени съдържанието на някакво понятие, накрая то остава въобще без съдържание. Днес, както и винаги, под астрология се подразбира методика за предсказване на съдбата на обекта по относителното разположение на

биращи причините за събитията около тях, са започнали първи да опипват връзката между, изглеждащите като случайни събития. Тази мотивация, казано най-общо, и в наше време стимулира заниманието както с наука, така и с нейните сурогати (ако човек не иска или не може „да играе по правилата“ на науката).

С тази проблематика лице в лице се срещат педагозите – научните знания не създават сигурен имунитет против лъженауката. Очевидно е, че трябва да се отдели част от учебното време за критичен анализ на псевдонауката. По пътя на прости опити всеки сам може лесно да се убеди, че хороскопите не могат да предсказват на ниво, по-високо от нивото на случайните съвпадения. Преподавателите са длъжни да се опитат да разберат причините за увлечението по астрология, ако искат да се борят ефикасно с тази лъженаука, която претендира за званието наука, без да е такава.

Литература

1. Сводный каталог периодических изданий в фондах централизованных библиотечных систем ЗАО г. Москвы. Адрес в Интернет: <http://library.ru/catalog/zao>.
2. Ляликов Д. Н. Оккультизм, БСЭ, изд. 3е, 1974.
3. De Robertis M. M., Delaney P. A., Mercury, 1994, № 5, p. 23.
4. Ван-дер-Варден Б. Пробуждающаяся наука. Рождение астрономии, Москва, Издво Наука, 1991, с. 188.
5. Кизеветтер К. История астрологии, Изида, 1915, № 8 – 10.
6. Мейер М. В. Мироздание, СПб, 1902, с.9.
7. Идельсон Н. И. Галилей в истории астрономии, В сб. Галилео Галилей. Под ред. акад. А. М. Деборина, МоскваЛенинград, Издво АН СССР, 1943.
8. Астрология, Энциклопедический словарь. Изд. Брокгауз Ф. А. и Ефрон И. А., СПб, 1890.
9. Владимирский Б. М., Темурьянц Н. А., Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу, Москва, Издво МНЭПУ, 2000.
10. Сурдин В. Г., Приливные явления во Вселенной, Москва, Издво Знание, 1986.
11. Величко Ф. К., Астрология конца XX века, Астрология: за и против, Москва, Знание, 1990.
12. Lieber A., The lunar effect: biological tides and human emotions, Anchor Press, 1978.
13. Антонов В., Ахмедов А., Гадание или предвидение, Наука и религия, 1981, № 7.
14. Чижевский А. Л., Земное эхо солнечных бурь, Москва, Изд-во Наука, 1973.
15. Сурдин В. Г., Глупая дочь мудрой астрономии, Вестник АН СССР, 1990, № 11.
16. Владимирский Б. М., Мысли об иррациональном и рациональном в современной культуре, или Что делать астрофизикам с астрологией, Вселенная и мы, № 4, 2004
17. Gauquelin M., Dreams and illusions of astrology, Prometheus Books, 1979.

70-ГОДИШЕН ЮБИЛЕЙ НА ПРОФ. ДФН НИКОЛА БАЛАБАНОВ



*Ректорът проф. Иван Куцаров връчва
ордена на Пловдивския университет на
професор дфн Никола Балабанов.*

На 15.05.2007 г. се навършиха 70 години от рождението на изтъкнатия български учен и университетски преподавател проф. Никола Балабанов. По инициатива на юбиляра и с помощта на Физическия факултет при Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ и Съюза на физиците в България – клон Пловдив честването на юбилея беше съчетано с научен семинар и премиера на най-новата му книга „*Парчета от спомени, частици история*“, което го превърна в един празник на науката в Пловдив. Аудиторията беше изпълнена с много гости от цялата страна, известни учени, колеги, приятели, студенти, ученици, дошли да почетат проф. Балабанов.

Тържеството започна с доклади, представени от гостите на юбиляра – акад. Матей Матеев – председател на СФБ – „*Геометричен подход към Стандартния модел на електрослабите взаимодействия*“; академик Александър Петров – директор на ИФТТ – БАН – „*Течните кристали в биологията и медицината*“; чл. кор. Йордан Стаменов – директор на ИЯИЯЕ – БАН – „*Актуални методи за изследване на аерокосмическата и околната среда*“; акад. Никола Съботинов – зам. председател на БАН – „*Българските постижения в лазерните технологии*“; чл. кор. Чавдар Стоянов – „*Неутронът в ядрената физика – инструмент за изследване и приложение*“.

Приветствия към юбиляра поднесоха представители на различни академични институции, които припомниха голямата роля на проф. Балабанов за създаването на катедра „*Атомна физика*“, Физическия факултет и развитието на физиката не само в Пловдивския университет, но и в страната.

Акад. Никола Съботинов – зам. председател на БАН в приветствието си каза: „*Проф. Балабанов, Вие четвърт век ръководите катедра „Атомна физика“ към Физическия факултет на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ и за половинвековната Ви научно-педагогическа дейност оставихте следа в науката и университета. Малко са учените, които са автори на повече от 250 научни публикации, в това число на учебници и учебни пособия в областта на атом-*

ната и ядрената физика. *Вие, проф. Балабанов, имате не малко докторанти, дълги години сте член в комисиите на ВАК, в Акредитационния съвет, в рядко-легии на научни списания. Дълъг е списъкът на приносите Ви в науката и преподавателската дейност и те са най-добрият атестат, с който посрещате Вашия забележителен юбилей“.*

Акад. Матей Матеев – председател на СФБ, подчерта ролята на проф. Балабанов в популяризирането и разпространението на физически знания в България: *„Нашият съюз се гордее, че Вие – един от най-уважаваните български физици, сте и наш почетен член. Като автор на повече от 200 научни публикации и доклади, научно-методични и научно-популярни статии, както и на книгите: „Човешкото лице на физиката“, „Светила на физиката“, „Нишки в гоблена на съвременната физика“, „Физиците отново се шегуват“ и „Забраната Бог“ Вие оставихте трайна следа след себе си. Чест и гордост е за нас, че повече от 20 години бяхте член на редколегията на списание „Светът на физиката“, автор на много великолепни материали в него, а в продължение на шест години и негов главен редактор. Голяма е Вашата заслуга то да придобие съвременния си тематичен вид“.*

С думи на признателност и приятелство се обърнаха към проф. Балабанов, акад. Евгени Головински от Националната агенция за оценяване и акредитация; д-р Сергей Цочев – председател на Агенцията за ядрено регулиране; проф. Тихомир Апостолов от Българското ядрено дружество. Приветствия с пожелания за здраве и успехи поднесоха също така доц. Димитър Мърваков – Декан на Физическия факултет при СУ „Св. Климент Охридски“; доц. Румен Ценов – Ръководител на катедра „Атомна физика“ при СУ „Св. Климент Охридски“; ректори на пловдивски висши училища; деканите на факултетите към Пловдивския университет и др.

Гост на тържеството беше и ректорът на Пловдивския университет проф. д-р Иван Куцаров¹⁴, който обяви решението на Академичния съвет за учредяването на орден на Пловдивския университет „за особен принос и изключителни заслуги в развитието и утвърждаването на Пловдивския университет като водеща научна и образователна институция“ и негов първи носител е проф. Никола Балабанов. В поздравителното си слово ректорът заяви още: *„Винаги съм изпитвал изключително уважение към проф. Никола Балабанов. С абсолютна убеденост мога да кажа, че той е една от големите забележителности на Университета, една от най-ярките, а може би и най-ярката личност в досегашната му история“.*

Накрая, видимо развълнуван, юбилярът проф. Никола Балабанов произнесе слово *„Светоносни и плодоносни науки“*, в което разгледа своята и на катедра „Атомна физика“ роля в развитието на фундаменталните и приложни направления на ядрената физика през целия му жизнен път.

**ЧЕСТИТ ЮБИЛЕЙ ПРОФЕСОРЕ!
БЪДИ НИ ЖИВ И ЗДРАВ И НЕКА ОЩЕ ДЪЛГИ ГОДИНИ НИ
ОГРЯВА ВАШАТА МЪДРОСТ, ЕРУДИЦИЯ И ЧОВЕЩИНА!**

ОЧЕРК ЗА ПРОФЕСОР БОРИС СТОЙЧЕВ

Милен Замфиров

Желанието ми за представянето на проф. Борис Стойчев беше провокирано от една страна от неговия произход, а от друга от неговите забележими резултати в областта на лазерната спектроскопия. Но все пак си признавам, че историята за неговия произход ме привлече повече. В кореспонденцията ни проф. Борис Стойчев подчертаваше, че живее повече от 75 години в Канада и е канадски гражданин, но не е забравил своя произход. Наред с това, обаче, не е проучвал дали коренът му е български. В интерес на истината проф. Стойчев ми писа, че през 70-те и 80-те години на миналия век българският консул в Канада го е канил в България, но той не е успял да дойде.

И така кой е проф. Борис Стойчев?

Борис Стойчев е роден на 1 юни, 1924 г. в Битоля, Македония. Баща му Петър Стойчев е роден в с. Баница, което в 19 век е голямо чисто българско село. Според статистиката на Васил Кънчов [1] през 1900 г. то е екзархийско чифлишко село с 1 650 жители българи. Трябва да уточним, че по онова време за българското население в турските предели от голямо значение е екзархията, т.е. приемането на българската църква. Екзархист е било равносилно на това да се признаеш за българин, а патриархист – за грък или за сърбин. Изобщо пропагандната война в края на XIX и началото на XX век става причина в Македония да се появят българофили, гъркомани, сърбомани, екзархисти, патриаршисти, католици, униати, протестанти и т. н., което поражда народностни и религиозни противоречия. В името на историческата правда трябва да поясним, че баничани участват активно в съпротивата на ВМОРО срещу османската власт. Първият комитет в селото е основан в края на 90-те години на 19 век от Георги Попхристов и Даме Груев. Майката на Б. Стойчев, Василка, е родена в Магарево, което е влашко село, близо до Битоля [2].

Когато Борис е на пет години баща му емигрира в Канада, където работи в железницата, както и в различни ресторанти. След пет години, през 1929 година, той приютява при себе си семейството си, което се устройва в Торонто. Там Борис играел футбол, участвал в продължителни обиколки с колела и бягане на дълги разстояния.

Окуражен от учители и приятели, развил и интерес към математиката, което го накарало да запише инженерство и физика, една от най-престижните програми в Университета в Торонто. През 1947 г. Борис Стойчев става бакалавър по инженерна физика със специалност рентген и спектроскопия и приел предложението за работа в местна фирма за електроника. Работата обаче се оказала скучна и той записал магистратура по теоретична физика.

През 1948 г. Б. Стойчев решава да се заеме с докторантура по експериментална физика [3]. Следвоенното време било вълнуващо в научните среди. Появили се нови уреди като например фотоумножители и инфрачервени детектори, първоначално разработени за нуждите на войната, но вече използвани и в научните среди. Борис започнал изследвания по спектри на Раман на въглеродния двуокис. В този период срещнал и Арт Шавлов (Нобелова награда през 1981 г.), който завършил докторантурата си през 1949 г.



През 1943 г. на обиколка с велосипед в Онтарио [по 3].

Борис Стойчев завършва докторантурата си през 1950 г. и с помощта на стипендията „Гилкрист“ остава още една година в Торонто, за да провежда експерименти по Раманово разсейване на газове под ниско налягане. Един от големите му успехи е получаването на първия спектър на Раман с висока разделителна способност на метана. Тези експерименти, осъществени с новите живачни лампи с висока интензивност, положили основата за плодотворна изследователска програма. Един ден Борис посетил семинар на Герхард Херцберг (Нобелова награда през 1971 г. за химия) от Националния изследователски съвет (НИС) на тема квадруполен спектър на водорода и отношението му към откриването на този газ в планетарните атмосфери. Материалът и вълнуващият начин, по който бил представен, направили толкова голямо впечатление на Борис, че той отменил плановете си да учи в Европа и решил да получи място при Херцберг в Отава. Самият Херцберг бил щастлив да приеме такъв ентузиазирани млад човек. По това време спектроскопската лаборатория на НИС била управлявана от д – р Херцберг, който обаче предоставял пълна свобода на колегите си. Борис Стойчев предложил проекти със спектроскопия на Раман, които не се вписвали в започнатите изследвания, но все пак получил позволение да започне експериментите си [3].

Със своите технически нововъведения при живачните лампи с висок интензитет и с многоходовите оптични кювети (multipass optical cells), Борис Стойчев получава едни от най-добрите Раман спектри с висока разделителна способност в света. През 50 – те години Борис Стойчев продължава да впечатлява света на спектроскопията със своите невероятно детайлни спектри и с изчислените молекулярни параметри на повече от 20 неполярни молекули



Със сина си Ричард Питър, сега професор по английска литература в университета в провинция Саскачеван в Саскатуун и съпругата си Лилиан Джоан Амбридж (1957 г.)

– молекули, недостъпни за установените техники на инфрачервена и микровълнова абсорбция. Стандартите му са високи – по неговите думи една публикация не трябва да бъде заместена от друга с по-висока точност или качество поне през следващите 10 години [3].

В края на 50-те Борис започва да се интересува от разсейване на Брилюен, опитвайки се да използва своите мощни оптични източници, за да получи някои от първите

спектри на Брилюен на твърди вещества. Когато, през 1958 г, научава за известното предложение на Таунс и Шавлов за „оптичен лазер“, той разбира, че такъв източник би бил идеален за провеждане на спектроскопия на Брилюен. Той и Гари Хейнс започват да разработват лазер, базиран на оптичното напомпване на живак. Въпреки че почти достигат до границата на принудено излъчване, е било невъзможно да получат положителен резултат. Независимо от това, след основополагащото съобщение на Тед Мейман от 1960 г. за конструирането на рубинен лазер, Борис Стойчев построява първия твърдотелен лазер на рубин в Канада и започва да го използва [3].

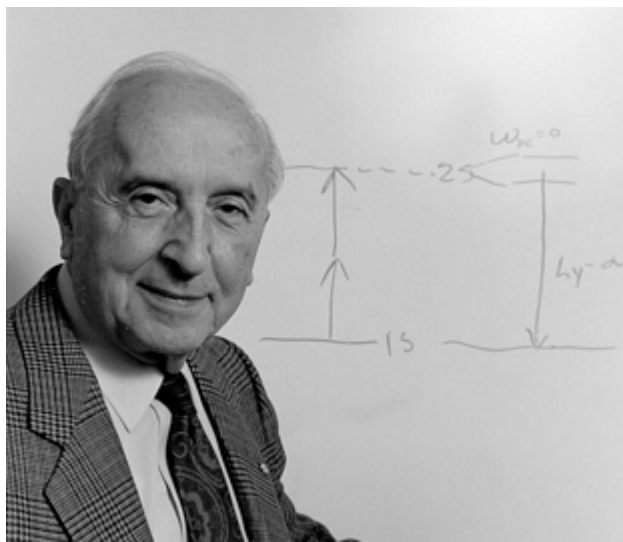
Изобретяването на лазера променя оптичната физика и служи за основа на втория и по-дълъг период от изследователската кариера на Б. Стойчев. Въпреки че той и неговия колега Алекс Сзабо извършват собствени изследвания върху лазерите, бързо става ясно, че е трудно да се съревновават с големите индустриални лаборатории, тъй като техните ресурси са огромни. Поради тази причина Б. Стойчев решава да се фокусира върху използването на лазери в спектроскопията. През 1963 г. Херцберг го насърчава да си вземе една година творчески отпуск и Б. Стойчев избира да работи с Чарлз Таунс в Масачузетския Технологичен Институт (MIT). Оказва се, че „Чарли“ е достигнал до същото заключение като Борис относно използването на лазери в изследователската дейност вместо конструирането на нови и също се интересува от спектроскопия на Брилюен. Времето прекарано в MIT се оказва плодотворно, особено защото Борис има възможност да работи с прекрасните докторанти на Таунс – Рей Чао и Елза Гармайер върху симулирано разсей-

ване на Раман и Брилюен на твърди тела и реални спектри на Брилюен на течности.

Борис Стойчев се връща в Университета на Торонто като щатен професор през 1964 г. Работата върху стимулирано разсейване на Раман и Брилюен на течности и, на по-късен етап, твърди състояния на редки газове, формират основата на плодотворна изследователска програма.

В края на 70-те Б. Стойчев започва изследвания на спектри на Ридберг на алкални атоми, използвайки двуфотонна спектроскопска техника. Тази му работа поставя основата на по – късната употреба на кохерентна спектроскопия за проектиране на вълнови пакети на атоми. През 80-те започва да разработва пренастройваеми източници във вакуумната ултравиолетова област (дължини на вълната, достигащи до 80 nm), използвайки четирифотонно смесване в газове. Тази техника позволява на него и студентите му да получат едни от най-добрите спектри с висока разделителна способност на димери на редки газове.

Заслугите на Борис Стойчев довеждат до привличането му в много университетски, канадски и международни комисии и до ръководни изпълнителни длъжности в много организации, като съвета на Националния съвет за проучванията, Съвета за квантова електроника, Съвета на професионалните инженери на Онтарио, Комитета на Онтарио за преглед на ядрената безопасност, Кралското общество на Канада, и Канадския институт за перспективни изследвания. През 1976 г. става и председател на Американското Общество на Оптиците (първият неамерикански председател на това международно общество), а през 1984 г. е председател и на Канадската Асоциация на Физиците,



Проф. Борис Стойчев – 1999 г.

ците, както и основател и изпълнителен директор на „Фотонни проучвания“, – Онтарио (Център за високо академично качество в Онтарио). През 1977-1980 г. и 1981-1983 г е председател на Националния съвет за проучванията на Канада, през 1986-1992 е председател на Асоциацията на професионалните инженери в Онтарио. Проф. Борис Стойчев има роля в основаването на Lumonics, канадска компания за лазери, която в един период е трета по големина в света.

Въпреки всичко това, истинската му гордост са студентите и докторантите, които са следвали под негово ръководство. Той е ръковолил 24 докторски дисертации и 22 магистърски работи.

Борис Стойчев е получил много отличия за своите изследвания (публикациите му в научни списания са над 200): през 1982 г. е провъзгласен за кавалер на Ордена на Канада, през 1967 г. е награден с Канадския медал на столетието, през 1977 – 1979 г. получава стипендията в памет на Айзък Уолтър Килъм, награден е също така с медала на Фредерик Ив и наградата на Уилям Ф. Мегърс на Обществото на оптиците в Америка. Получава златен медал за постижения във физиката от Канадската Асоциация на физиците, както и медала на Хенри Маршал Тори от Кралското общество на Канада.

Почетен член е на Американската Академия на Изкуствата и Науките, Индийската Академия на Науките и Македонската Академия на Изкуствата и Науките. През 1977 г. е обявен за „*Университетски професор*“ на Университета на Торонто, което е най-високата титла на тази институция.

Литература

[1] **Васил Кънчов.** Битолско, Преспа и Охридско. Пътни бележки. (http://knigite.abv.bg/vk_1)

[2] **Симеон Радев.** Ранни спомени

(<http://www.slovo.bg/showwork.php3?AuID=101&WorkID=2389&Level=2>)

[3] **H. M. van Driel and A. D. May.** Boris P. Stoicheff: A tribute on the occasion of his 75th birthday (pubs.nrc-cnrc.gc.ca/rp/rppdf/cjp05-06tribute.pdf)

ИДЕИТЕ НА ТРЕТАТА КУЛТУРА: В КАКВО ВЯРВАМЕ, НО НЕ МОЖЕМ ДА ГО ДОКАЖЕМ

Н. Ахабабян

*„За да се търси черна котка в тъмна стая,
трябва да се вярва, че тя е там“.*

К. Попър

„Великите умове понякога могат да отгатнат истината, преди да имат доказателства или аргументи, за да я докажат. В какво вярвате, въпреки че не можете да го докажете?“ Това е въпросът, който „Едж“ задават на близо 100 световно известни учени и отговорите на около 80 от тях (над дузина Нобелови лауреати между тях) са събрани и под редакцията на Джон Брокман и са отпечатани в *„What We Believe but cannot Prove. Today's Leading Thinkers on Science in the Age of Certainty“* и издадени от Harper Collins Publishers, New York, 2006. Престижното наше издателство „Изток-Запад“ не закъснява да ги преведе и да ги предостави: *„В какво вярваме, но не можем да го докажем. Най-изтъкнатите съвременни мислители за науката в епохата на увереността“*, (София, 2006; 280



стр., 11 лв.; превод от английски език Детелина Иванова). *„Да стигнеш до ръба на световното знание, да издириш най-компетентните и интересни умове, да ги събереш заедно в една стая и да ги накараш да си задават взаимно въпросите, които си задават насаме“* е реализацията (успешна!) на този проект. Хвала им!

„Едж“ е световна мрежа на сайт (www.edge.org), на който действащи учени излагат идеите си и коментират проблеми, стоящи пред интелектуалната дейност на човечеството на новото време. Групата възниква от неформалното сдружение на учени и мислители, обединени в началото на 80-те години на миналия век, обсъждащи състоянието и задачите на природните науки, насочеността на хуманитарната мисъл и цели, смисъла на изкуството и претенциите на философията, ролята на вярата и отбелязаната тенденция на конвергенция и взаимно проникване на различни научни области и дисциплини. Това са съдбоносните въпроси от дигиталната ера в

атмосферата със силен заряд, където „*находчивото мислене надделява над анестезиологията на мъдростта*“, както те определят „*третата култура*“. „*Ние сме в епохата на културата на търсенето... В бъдеще ние ще можем да отговаряме на въпросите – но дали ще бъдем достатъчно умни, за да ги задаваме?*“, мотивират проекта си организаторите на сайта и издателите на книгата.

Нека обаче преди всичко изясним **за каква вяра става дума**. Най-общо и приблизително, можем да направим следната класификация:

Вяра в науката: да погледнем истината в очите и признаем реалния статут на науката. „*Би било напълно погрешно да внушаваме, че науката е нещо, което вече знае всичко. Науката се развива чрез интуитивни идеи, чрез допускания, хипотези, вдъхновени понякога и от поетични мисли, дори от естетични идеи, а после се опитва да ги демонстрира експериментално или чрез наблюдение. И именно това е красотата на науката – че притежава етап на въображението, но после преминава към етапа на доказателството, към етапа на демонстрацията*“, казва видният британски еволюционен биолог професор Ричард Докинс от Оксфордския университет. Обаче „*учените са субективни човешки същества, които се занимават с привидно обективна работа, така че вероятно има доста неща, които приемат на вяра*“ признава професорът по биология Робърт Саполски (университета в Станфорд, САЩ).

И въпреки мнението на г-жа Маргарет Уъртхайм: „*ние всички вярваме в нещо и самата наука се основава на цяла система от вярвания*“ и сама вярва, въпреки че не може да го докаже, че „*винаги ще има неща, които няма да знаем – големи неща, малки неща, интересни и важни неща... Истината е, че невежеството ни е огромно и аз вярвам, че винаги ще е така*“, струва ми се, че най-добре го е казал британският археолог професор Тимъти Тейлър (университета в Брадфорд): „*Истина*“ и „*вярване*“ са неудобни думи в научните среди. Възможно е да се дефинират като истини само онези неща, които могат да се докажат по определени съгласувани критерии. Като цяло науката не вярва в истината – или по точно науката не вярва във вярванията. Осмислянето се смята за най-подходящо по отношение на данните при сегашните граници (инструментални и философски) на наблюдението. Ако науката фетишизира истината, тя би била религия – нещо, което не е. Но при условията, които Томас Кун определя като „*нормална наука*“ – за разлика от интелектуалния кипеж с променливи парадигми – повечето учени, определено подкрепят нещо, което на практика е религия. Най-добрите им предположения се фосилизират и се превръщат в статукво, а статуквото става обект на вярване. Така че, когато някой учен ви каже: „*Истина е, че...*“, е време да се оттеглите. По добре намерете свещеник“. „*Науката представлява връзка между това, което можем да представим и размишляваме върху*

него, и онова, което съществува реално. Тя е продължение на доброто картографиране. Когато правим догадки в науката, правим предположения за „истина“, това изобщо не се разбира правилно извън науката и за съжаление някои хора с научни степени също не го разбират“ смята Алън Кей, изтъкнат компютърен специалист в „Ксерокс“, Пало Алто. „Научният метод разчита на нарочно изследване под лупа и на критиката на другите учени към всички механизми, предложени като обяснение на естествения свят... Природата е само крайният арбитър и великите умове са успели да усетят интуитивно какъв е начинът, по който работи природата, а последвалите проучвания и доказателства са показали правотата им“ – Каролин Порко (НАСА). Впрочем, професор Грегъри Бенфорд, специалист по плазмена физика в Калифорнийския университет в Ървайн, се пита: „Защо изобщо има научни закони? Ние, физиците, обясняваме произхода и структурата на материята, но не и произхода на законите за тях“.

Ако ви се завива свят, не се притеснявайте. Нарочно съставих този пъзел за вярата и невярата в науката за да демонстрирам широкия спектър на мнения по въпроса. Затова, ако искате да стъпите на твърда почва, може се придържате към думите на професора по психология Дейвид Майърс, колеж „Хоуп“, Мичиган; (автор на много книги, между които и „Християнските доводи в полза на гей-браковете“):

А. Да поддържаме недоказаните си убеждения с известна предпазливост;

Б. Да оценяваме идеите на другите с непредубеден скептицизъм;

В. Свободно да търсим истината, подпомагани от надлюдения и експерименти.

Разклатили почвата под краката ни, завлечени в опасни мочурливи местности, колко му е да ни нокаутират, когато става дума за **Вяра в недоказани (засега) твърдения** – защитавайки обосновано в целия диапазон от пълно отричане, през скептицизма, до пълната увереност – във всички научни области: от астрофизиката, през биологията и психологията, социалните науки, до изследователите на микросвета.

„Аз вярвам, че е възможно в настоящия момент разумният живот да е уникален и да съществува само на нашата Земя, но има потенциала да се разпростира из Галактиката и отвъд нея...“ е мнението на не кой да е, а на сър Мартин Рийл (Нобелова премия по физика за приносите му в развитието на радиоастрономията, 1974 г.), Кралски астроном, професор по космология и астрофизика в Кеймбриджския университет. „Вероятно съществуват „зони на Златокоска“ – „обитаеми зони“, където нито е твърде горещо, нито твърде студено, а точно както трябва за живот подобен на този на земята“, според Каролин Порко, ветеран от програмата НАСА. След като „нито един познат принцип не подсказва за някакъв вроден стремеж на материята към живота, няма познат закон на физиката или химията, който да предпо-

чита живото състояние на материята пред другите ѝ състояния“ смята професор Пол Дейвис и заявява: „*все пак аз не вярвам, че животът е рядкост. Мисля, че вселената гъмжи от него, но аз не мога да го докажа. Защото животът изглежда е фундаментално, а не инцидентно свойство на природата*“. Докато се стигне до вярата, че животът на нашата планета най-вероятно е резултат на пансперматично събитие, на видния геномен изследовател Дж. Крейг Вентър, който цитира мнение на самия Франсис Крик (Нобелов лауреат по физиология за 1962 г.), според когото първите микроорганизми са дошли в космически кораб, изпратен от извънземна цивилизация.

(Тук си спомних лица от преди две-три десетилетия: На въпроса „*Има ли живот на другите планети?*“ отговорът беше: „*А бе то тук няма живот, а вие питате за другите планети!*“, но нейсе...)

За да стигнем до **Вярата в недоказуеми схващания**. Наистина, въпреки неподправената наслада от любопитството, песимизмът, по общо мнение, е белег на истинския интелектуалец, а скептицизмът, си остава пръв приятел на учените. „*Да вярваш в нещо, докато същевременно знаеши, че не може да бъде доказано (все още), изразява самата същност на физиката*“ както пише знаменитият Нобелов лауреат по физика (1988 г.) Леон Ледерман. А един от доайените на съвременната физика Фриймън Дайсън, заслужил професор в Института за Авангардни изследвания в Принстън, основавайки се на своята мъдрост и позовавайки се на теоремата на Курт Гьодел, е убеден, че „*ние знаем, че съществуват математични твърдения, които не могат да бъдат доказани, обаче, лесно е да се намерят други твърдения, които най-вероятно са верни, които също не могат да бъдат доказани*“.

Професор Хаим Харари (президент на института „*Вайцман*“, Израел), виден съвременен физик теоретик, специалист и със значими приноси в областта на физиката на елементарните частици заявява: „*Въпреки че няма абсолютно никакви експериментални доказателства за по-нататъшна структура във вътрешността на познатите ни елементарни частици..., вярвам, че електронът, неутриното и кваркът са делими*“

„*Съществува ли някъде в космоса четвърти закон на термодинамиката или някакъв негов братовчед, който да засяга саморегулиращите се неравновесни системи като биосферите? Искате ли да мисля, че може би има такъв закон*“ споделя Стюард Кауфман, гостуващ професор в Института Санта Фе.

А известният физик Карло Ровели от Центъра по теоретична физика в Марсилия, след като заявява, че „*Убеден съм, но не мога да го докажа, че времето не съществува. Има последователен начин да мислим за природата, който не използва идеите за пространството и времето на фундаментално ниво*“ отива и по-далеч: „*убеден, но не мога да докажа, че няма обекти, а само отношения*“!

Ох, да бяха само думи и платонични възжеления... Специалистът по крис-

тализацията на водата Кенет Либрехт от Калифорнийския технологичен институт, който сега работи в Лазерноинтерферометричната лаборатория за гравитационни вълни, се занимава със засичане на гравитационни вълни, излъчвани (вероятно) от черните дупки (ако такива съществуват). Апаратурата, която те са построили и продължават да усъвършенстват струва (засега) половин милиард долара! И този човек, позовавайки се на „образованото невежество“ за което говори кардинал Николай Кузански още преди шест века, твърди, че и сега „невежеството ни е огромно и аз вярвам, че винаги ще е така“.

Вяра във вярата. И ако младата и самоуверена изследователка от ЦЕРН Мария Сиподулу категорично елиминира проблема: „Аз вярвам, че нищо не може да бъде вярно, ако не може да бъде доказано“ и разпростира принципа на допълнителността на Бор върху съотношението „вяра-доказателство“: „Ако вярваш в нещо, не ти е нужно доказателство за него, а ако имаш доказателство, не ти трябва вяра“, не по-малко убедителен е Кийт Девлин от университета „Станфорд“, според когото: „Ако от доказателството се иска абсолютна достоверност, няма почти нищо извън нашето собствено съществуване, което да можем да докажем на себе си, и абсолютно нищо, което да можем да докажем на който и да е било друг“. „Има аспекти на природата, до които никога няма да се доберем чрез науката“ смята професорът по философия в „Тринити“, Хартфорд – И не можем да се разминем без да вярваме във вярата...

На темпераментния Леон Ледерман му докипява: „Наистина, много физици, особено астрофизици, изглежда изпитват странното желание да си поговорят с Бога за Големия взрив, но в моя свят концепцията за Бог става доста вбесяваща, когато си прекарваш времето в мислене върху, да речем, някоя нелечима агресивна детска левкемия“ – язвително и самоуверено заявява той. „Концепцията за Бога е полезна, защото можеш да се скараш на Бога, когато ти е тежко. Но за мен е ясно, че не ми е нужно да вярвам в съществуването на Бог, за да му се скарам“ [1].

И за да бъде фейерверкът пълноцветен, ще си позволя да цитирам някои вярвания на учени от други области на знанието – невробиологията, психологията, когнитивните процеси и пр., – вярвания, които ние физиците можем да отнесем в коя и да е графа на вярващи. Всъщност, да си призная, аз даже не разбрах в какво вярват и какво не могат да докажат или какво доказват, но не му вярват... Но за да раздразня въображението на любознателните колеги ще цитирам някои от тях. Ако професорът в Ню Йоркския университет Джоузеф Леду „вярва, че животните имат чувства и други състояния на съзнанието“, главният редактор на „Ню Сайънтист“ Алън Андерсън е по конкретен: „вярва, че хлебарките имат съзнание“, а Джордж Дайсън е убеден, че „различните популации от гарвани говорят на различни диалекти“. След

като разказва за вярата си че „сексуалните фойерверки са резултат на желанието за съчетание на ДНК“, професорът по психология в Тексаския университет в Остин Дейвид Бас заявява: „Аз знам, че истинската любов съществува. Просто не мога да го докажа“. Тук и аз не мога да му помогна... Ако професорът по неврология Тод Файнбърг (колеж „Алберт Айнщайн“, Ню Йорк) „вярва, че човешката раса няма никога да реши, че някакъв усъвършенстван компютър притежава съзнание“, то колегата му Клифърд Пикоувър (изследователски център IBM „Ти Джей Уотсън“) е убеден, че „дори конструираните мозъци могат да мечтаят, да търсят спасение и блаженство и да се молят“. Докато професорът по психология Робърт Провайн (Мерилендски университет, Балтимор) твърди, че „надценяваме съзнателния контрол над поведението“, Станислас Деан (Орсе, Париж) смята, че „в огромна степен подценяваме различията, които разграничават човешкия мозък от другите примати“. Естер Дайсън говори за „умствен диабет“, за „сериозните проблеми с информационния метаболизъм на хората“ и заявява: „Ние живеем по-дълго, но мислим краткосрочно“. А Насим Никълс Талеб, който е представен като специалист по „атрибутите на неочакваните събития, екстремните отклонения от нормата и последиците от неспособността за предвиждане“ отричайки древната мъдрост, че „мъдрите виждат това, което настъпва“ смята, че „мъдри са онези, които признават, че не могат да видят настъпващите неща“

Все пак, щом професор Лио Чалупа (Калифорнийски университет, Дейвис) вярва, че „Човешкият мозък е най-сложното нещо в познаващата Вселена. С този фантастичен продукт на еволюцията ние в крайна сметка ще успеем да открием всичко, което може да бъде открито относно физическия свят, ако разбира се, някакво катастрофално събитие не унищожи вида ни. Науката предлага най-подходящите средства за постигане на тази крайна цел“, въпреки че не може да го докаже, хайде и ние да му повярваме. Защото докторът по философия Кай Краузе, чийто изследователски институт се помещава в хилядолетен замък над река Рейн, като обосновава, че „цялата красота (на живота) е в предусещането, в надеждата, в очакването, в свършено нарисуваната картина за този миг на времето“, съветва: „прекарайте живота си във вечното блаженство винаги да имате за какво да се надявате, нещо, което да очаквате, неосъществими планове, нереализирани мечти. Гледайте винаги да имате нови точки на хоризонта, който си създавате нарочно. Същевременно преживявайте отново спомените си, поддържайте ги и ги ценете, дръжте ги свежи и ги споделяйте, говорете за тях“

А вие, драги колеги, устремени към Нобеловите награди, забили нос в екраните на модерните си компютри, задавате ли си тези въпроси, които си задават вече носителите на Нобелови награди, останали насаме? Въобщо, оставате ли насаме?

Но аз вярвам, че запознаването с тази книга и въпросите, които там се разглеждат, ще предизвикат заслужил интерес сред мнозина колеги, но не мога да го докажа. Надявам се, но не съм убеден. Опровергайте ме!

Все пак за насърчение ще ви припомня следният епизод от историята:

Подгонен от египетската армия, Мойсей подвел избрания народ да го изведе на обетована земя и достигнал бреговете на Червено море. Как да премине на отсрещния бряг? Извикал министъра си на пътищата и му поставил проблема. „Трябва да се изгради мост?“ посъветвал той. „Колко време ти трябва за това?“ попитал Мойсей. „Пет години“ отвърнал министърът. „Не става. Не виждаш ли зад гърба ни вражеската армия!“ въздъхнал Мойсей и повикал министърката на природните бедствия. „Да прокапаем тунел под морето“ посъветвала тя. На въпроса колко време ѝ трябва, тя преценила: „Три години“. Отчаян Мойсей повикал завеждащ PR-съветника си. И неговият съвет бил: „Моли се на Господа да отдръпне водите на морето и да ни пропусне...“. „Но това е невъзможно...“ въздъхнал отчаяно Мойсей. „Вярвай му и ако това се случи, обещавам ти публикация в новото издание на Стария завет!“

Спомняте ли си историята по-нататък?

Бележка

[1] – Съвсем друга е картината, представена в неотдавна издадената книга **150 Нобелови лауреати и други велики учени за вярата си в Бога**“ (издадена във Варна, 2006 г., под съставителството на Тихомир Димитров; така е оформено издателското каре; нищо повече – ни звук, ни стон...). Книгата представлява близо 300 стр. цитати от Нобелови лауреати, други велики учени и толкова велики писатели и хуманисти, които действително говорят за вярата си в Бога, разбираан в религиозния – юдейско-християнски смисъл на тази дума. Така поднесени, за неподготвения или по-точно казано, дезинформирания читател, всичко изглежда неочаквано и потресаващо... Наистина, не са далеч времената, когато първо се поставяше знак за еквивалентност между наука и атеизъм... и след това, изброявайки имената на всички велики учени (повечето представени и в тази антология), се заклеяваше религията и обосноваваше атеизмът. За съжаление, макар и точно цитирани, извадени от контекста на останалото казано по този повод, всички те, увисват във въздуха... и звучат като едновременните цитатници на антирелигиозни брошури от рода на „Наръчник на Атеиста“. Наистина, вярата не търси рационална обосновка, нито вярващият – оправдание... И затова, така насипаните цитати и авторитетът на техните автори може да служи само като морална подкрепа на вече вярващите. Вероятно и това не е малко, но това не е вярата в хипотезата, която очаква научно доказателство (или опровержение); вярата в недоказуемото; или даже вяра във вярата... за която ставаше дума в интервютата в предишната книга. Наистина, и там се говори се вяра, но никъде не се обосновава с Господ.

Разлика между вяра и религия; между религиозните учени и вярващите учени... и как преходът от вяра към религия и църква стеснява миогледния конус, без обаче да ги противопоставя или взаимно изключва. Да не говорим за широкия спектър, разнообразието от възгледи и представи за Бога: един е Богът на учените, друг – на хуманистите, трети – на „нобелистите-миротворци“ (според класификацията на съставителя на антологията); даже между „бащите на модерната наука (XVI-XIX в.)“ и нобелистите, наши съвременници (XX в.); една е представата за Бога на изповядващите юдеизма (основно от еврейски произход), друга – на приелите догмите на католицизма (Христос, грях). И за съжаление, често неправенето на разлика между тези неща води до объркване и необосновани интерпертации.

А всъщност, вярата или религиозната принадлежност на големите учени е била тяхна искрена и дълбока същност. И както с възхищение приемаме техните научни приноси, нека с подобаващо уважение приемем и тяхната вяра и религиозни предпочитания...

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

EURO

BG 82 SOMB 9130 14 25109301

BIC SOMBBGSF

MUNICIPAL BANK PLC

BRANCH DENKOGLU

ЛЕВА

IBAN: BG 03 SOMB 9130 10 25109301

BIC: SOMBBGSF

ОБЩИНСКА БАНКА

КЛОН ДЕНКОГЛУ

ОТНОСНО ВРЕМЕТО – Айнщайновата незавършена революция

Част III

Пол Дейвис

Глава 7. КВАНТОВО ВРЕМЕ

Айнщайн беше казал, че ако квантовата механика е вярна, то светът е побъркан. Е, Айнщайн е прав. Светът е побъркан.

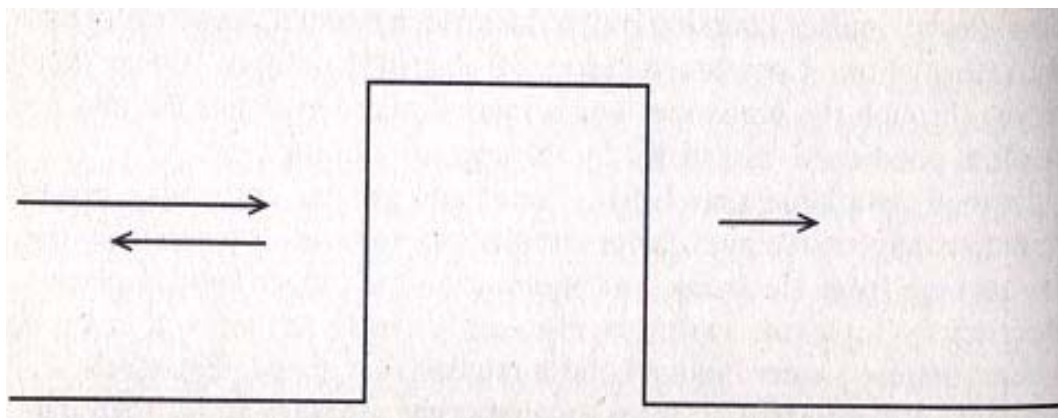
Даниъл Грийнбъргър

Време за тунелиране

В неутолимата си жажда за все по-голяма мощност на компютрите учените създават все по-бързи електрични контури и превключватели. Все по-настойчиво те преминават от електроника към фотоника – използването на светлина вместо електричество с цел по-голяма скорост. Но рано или късно те ще се натъкнат на фундаменталните природни ограничения за скоростта. Айнщайновото време не позволява на информацията да се движи по-бързо от светлината. За компютър с еднометрови размери това налага граница от три наносекунди върху скоростта на движение на информацията в обема на машината. За да преодолеят това, специалистите правят компонентите на компютрите все по-малки. Но тогава се натъкваме на друга основна граница – квантовата физика. Електроните и фотоните в компютъра се подчиняват на Хайзенберговия принцип на неопределеността, който внася неотстранима размазаност в самите представи за скорост, темпо и време.

За да осмислим трудността на свързаните с това проблеми, нека разгледаме един от най-странните квантови процеси, който намира широко приложение в електронните устройства. Нарича се „*тунелен ефект*“. Да си представим, че лекичко хвърляме камъче към прозорец. Очакваме, че камъчето ще се отрази. Но да предположим, че вместо това камъчето минава през стъклото и отива в другата страна, без нещо от стъклото да се е променило! Всеки, който би видял как камък минава през стъкло, без да го чуупи, би решил, че е станало чудо; но това чудо става непрекъснато в субатомния свят, където квантовите правила противоречат на здравия разум.

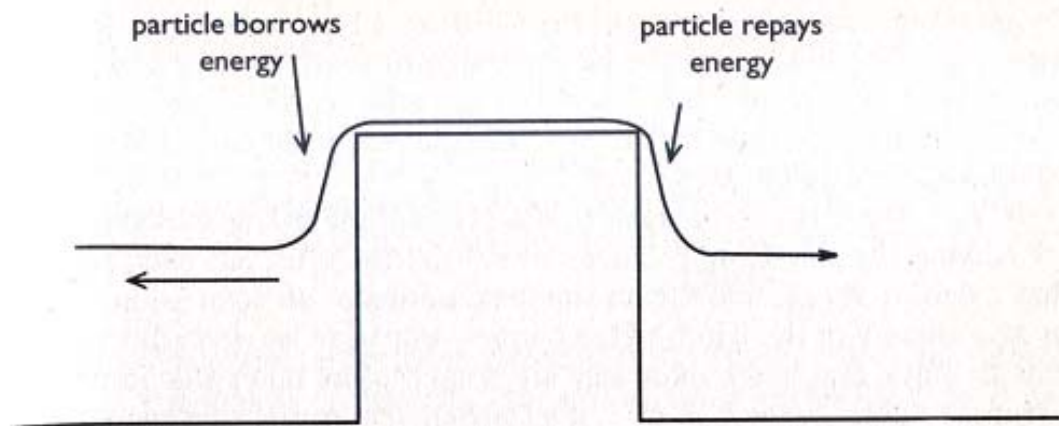
На атомно ниво ролята на камъка се играе от квантова частица – да речем, електрон или фотон, – а стъклото би могло да е някаква тънка преграда или невидимо силово поле. Летящата към преградата частица няма достатъчна енергия, за да я пробие, но въпреки това много често се озовава от другата страна, така че тя очевидно е „*тунелирала*“ през бариерата (виж фиг. 7.1).



Фиг. 7.1 Тунелиране през бариера. Поток от квантови частици, идещи отляво, се натъква на бариера. Някои от частиците отскачат назад, но другите по вълшебен начин се появяват от другата страна на преградата и продължават напред.

Това тунелно чудо се обяснява от Хайзенберговия принцип на неопределеността. Както посочихме в гл. 3, енергията на квантова частица не може да се измери напълно точно в един определен момент. Неопределеността на енергията може да се размени за неопределеност във времето; но никога не можем да се отървем едновременно от двете неопределености: природата няма да ни разреши да узнаем изведнъж всичко за една квантова частица. Можем да си представим, че частицата по вълшебен начин променя енергията си (в някакви рамки) за кратко време. Понякога се казва, че частицата „взема на заем“ енергия за един определен срок. Важното е, че колкото по-кратък е срокът на заема, толкова по-голям е неговият допустим размер; например електрон може да заеме много енергия за кратко време и малко енергия за по-дълъг срок.

За да обясним тунелния ефект, използваме неопределеността енергия – време, като допускаме, че частицата „заема“ енергия, за да преодолее бариерата (фиг. 7.2). Квантовата частица се издига високо с определена заета енергия. Ако не успее да премине в другата страна на бариерата и да върне заема си в срок, ще ѝ се наложи да се върне обратно. Такива частици просто се отблъскват от бариерата, след като са проникнали малко навътре в нея. Макар че *максималният* срок на дълга се задава със закон, за всяка частица има конкретни договаряния, подобни на природна лотария, така че частицата може да не успее да преодолее бариерата. Процесът по същество е статистически. Само някои от частиците преодоляват бариерата и не е възможно да се каже предварително кои ще преминат, а кои ще се върнат. Ясно е обаче, че колкото по-широка е бариерата, толкова повече частици ще се отразят обратно.



Фиг. 7.2. Энергия на заем. Вляво частицата взема заема, а вдясно го изплаща.

Когато тунелният ефект беше открит преди няколко десетилетия, възникна очевидният въпрос: колко дълго частиците тунелират през бариерата? Можем да очакваме, че бариерата ще забави частиците. В действителност имаме сериозни основания да смятаме, че тунелирането кара частиците да се движат *по-бързо*. Все пак всяка частица има да плаща дълг, а срокът на заема не зависи от ширината на бариерата. При широка бариера частицата трябва да се движи много по-бързо, за да успее да изчисти дълга си. На пръв поглед, ако бариерата е достатъчно широка, частицата ще трябва да се движи по-бързо от светлината, за да премине навреме. Но броят на частиците, преодоляващи толкова широки бариери, много бързо намалява.

Но дали можем да определим колко дълго частицата тунелира? Различни учебници дават различни отговори. Някои твърдят, че процесът е мигновен, други казват, че времето не е определено. Но за компютрите отговорът е свързан с много пари.

Наблюдаваният чайник

Отговорът се подсказва от някои други квантови процеси. Когато атомът се възбужда, един от неговите електрони прескача на по-високо енергетично ниво. Там той остава за определено време, след което излъчва енергията си във вид на фотон и се връща в основното си състояние.

Колко дълго ще остане електронът във възбуденото състояние зависи от конкретния случай, но квантовата механика позволява да се направи предсказание. Само че квантовата физика има същественото свойство неопределеност: поведението на *отделните* системи не може да се предскаже. Теорията ни дава *средното* време на живот на възбуденото състояние, но тя не казва кога точно един определен атом ще излъчи фотон. Това не ни позволява

ва да отговорим на простия въпрос: за колко време електронът прескача от едно ниво на друго? Колкото и да се опитваме, никога няма да уловим електрон в момент на прескок или някъде между две нива. Има добре определена вероятност след известно време електронът да се окаже в основно състояние. Но повече от това не можем нищо да кажем.

Но това е пълна глупост, възмущава се остроумният скептик. Защо да не наблюдаваме атома непрекъснато и с помощта на хронометър да заседем кога ще излъчи?

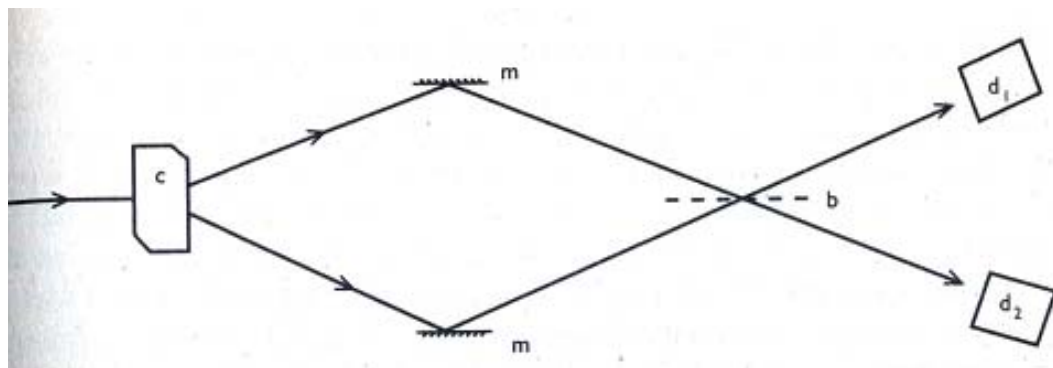
Добра идея! А и техниката го позволява. В днешно време можем да заловим единични атоми, с помощта на електромагнитни полета да ги забавяме и съхраняваме за дълго време, както и да ги сондираме с лазери. Но за жалост даже тези хитрости не ни помагат да заобиколим димната завеса на Хайзенберг. Никога атомът не може да бъде засечен в процес на преход между нивата. В действителност, когато наблюдаваме атома отблизо и непрекъснато, самият акт на наблюдението смущава процесите на прехода и практически замразява атома във възбуденото му състояние. Това явление беше наречено „*ефект на наблюдавания чайник*“, защото напомня пословицата, че наблюдаваният чайник никога не кипва. Ефектът на наблюдавания чайник никога не може да се избегне: за да се наблюдава една квантова система, с нея трябва по някакъв начин да се взаимодейства и това взаимодействие неминуемо ще смуги изследвания процес. Но само за миг да спрем наблюдението и атомът стремително прави своя преход. Природата сякаш има свой вътрешен цензор, който никога не ни позволява да узнаем кога точно стават нещата, колкото и хитроумни стратегии да прилагаме.

Изтриване на миналото

Дори Господ не може да промени миналото
Агатон

Опитите да се определи точният момент, когато квантовата система е „*взела решение*“, водят до изненадващи резултати. Един от тях е т.нар. квантово изтриване, което според физика Мартин Скъли позволява на експериментатора да промени решението си за това, което ще наблюдава или няма да наблюдава в квантовата система и то даже след събитието! Фиг. 7.3 показва вариант на квантово изтриване, в което квантовите частици са фотони от лазер. Лазерен снопа пада върху специален кристал, който превръща всеки падащ фотон в два по-слаби фотона. Тези фотони близнаци напускат кристала по различни пътища, но огледалата ги пренасочват така, че те отново се събират върху полупрозрачна пластина, наречена „*делител на снопа*“. Последният позволява да се използва тунелният ефект: фотоните ще тунелират с вероятност 50/50. Това значи, че делителят на снопа отразява половината от

светлината, а другата половина преминава през него. Тъй като геометрията на експеримента е подбрана така, че двата снопа пристигат върху делителя едновременно, това съгласува техните посоки: макар да не знаем кой фотон преминава, а кой се отразява, експериментаторите установяват, че щом единият фотон се е отразил, то другият е преминал и обратното. Така че след срещата си двата електрона се движат в една посока; и двете посоки – горната и долната – са еднакво вероятни. Детекторите D_1 и D_2 регистрират резултата за всеки отделен случай.



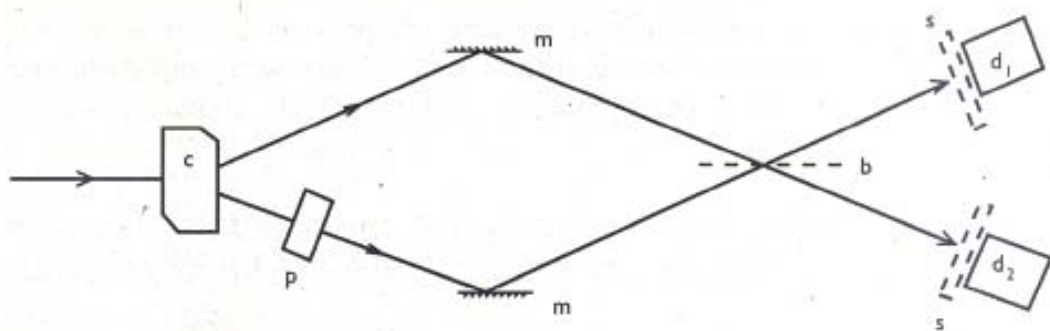
Фиг. 7.3. Множествени реалности? Загадъчните способности на фотоните са показани в експеримент, направен в Калифорнийския университет в Бъркли.

Причината и двата фотона да попадат винаги в един и същ детектор, горен или долен, се дължи на факта, че експериментаторът не може да знае кой фотон по кой път е минал. Според странните правила на квантовата физика липсата на информация относно пътя говори за някакъв шизофреничен свят, в който едновременно съществуват *и двете* възможности в нещо като хибридна реалност. Това значи, че трябва да гледаме на света като на изграден от двете потенциални възможности в някакво призрачно препокриване. Но това води до реални физически ефекти – т.нар. „квантова интерференция“. Последната е следствие от вълновата природа на светлината. В случая това е интерференция между вълни, свързани с една алтернативна реалност, и вълни, свързани с другата алтернатива.

Експериментът може така да се измени, че отделните фотони да бъдат маркирани и така да се определят техните действителни пътища. За целта по долния път се разполага уред, който завърта на 90 градуса поляризацията на фотона (фиг. 7.4). Така експериментаторът вече ще знае кой фотон по кой път е минал. Двата фотона близници ще се държат независимо и могат да задействат *и двата* детектора. Този експеримент е ясен пример за дуализма частица – вълна: когато липсва информация за избрания път, лазерната свет-

лина се държи като вълна и създава интерференция; но когато пътищата са различни, интерференцията изчезва и светлината има поведение на съставена от частици, интерференцията изчезва и всеки фотон поема по един от двата пътя.

Учудващо е, че не е нужно експериментаторът отнапред да измерва поляризиациите на фотоните, за да наблюдава изменените показания на детектора. Достатъчна е *възможността* за получаване на такава информация, за да бъде разрушена призрачната суперпозиция на хибридните реалности. Не нашето реално знание, а само *потенциалното* ни знание за квантовата система е достатъчно, за да се определи резултатът.



Фиг. 7.4

Удивителното е, че по-късно можем да се откажем от тази възможност. Това става с помощта на два допълнителни поляризатора, разположени пред фотонните детектори (фиг. 7.4), така че изходните поляризации да станат неразличими (т.е. да се изтрие паметта за информацията) и по такъв начин да се възстанови неразличимостта на фотонните пътища. Така се възстановява изходната ситуация и отново се наблюдава интерференция. Смайващото е, че промяната на намерението става, *след* като фотоните са минали през оптичната система! Излиза така, сякаш фотоните някак отнапред „*узнават*“ за поляризаторите, изтриващи информацията, и съобразяват поведението си с това. Фактически решението да се монтират допълнителни поляризатори определя природата на реалността, която *е била*, т.е. дали фотоните са тръгнали по определен горен или долен път или двете възможности са били в суперпозиция.

Това е невероятно! Да не искаш да кажеш, че квантовото изтриване може да заличи миналото? А аз мислех, че Айнщайновото време изключва обратна във времето причинност.

Вярно е, че подобни експерименти потвърждават най-лошите опасения

на Айнщайн. Но макар че действията на експериментатора могат да решат каква да бъде природата на квантовата реалност в миналото, в действителност експериментът не може да се използва за прашане на информация в миналото, което е решаващ момент относно причинността. И точно вътрешно присъщата неопределеност на квантовата механика (която Айнщайн така ненавижда) по чуден начин спасява Айнщайновото време. Тъй като експериментаторът не знае отнапред кой от детекторите ще бъде задействан, той няма никакъв контрол над детайлите на процеса: всеки опит да кодира съобщение за прашане обратно в миналото ще се изроди в бял шум.

И все пак пренасочването на поляризацията на фотона не го ли кара по някакъв начин да „вземе решение“ коя от алтернативните реалности да избере?

Ни най-малко! Оказва се, че фактически не е нужно да се намесваме в кариерата на фотона, за да определим неговия път. Невероятно звучи, но е възможно да получим информация за пътя на фотона, без да оказваме каквото и да било пряко въздействие върху него.

Времето изчезва!

Дали някой ден няма да дочакаме нов структурен фундамент на физиката, в който времето е премахнато?...

Да, защото „времето“ е в опасност.

Джон Уилър

Ясно е, че въпросът за времето в квантовата физика е твърде мъгълав. Причината, първо, е, че в квантовата физика няма такова нещо като идеален часовник – всички часовници сами са обекти на квантовата неопределеност. Това прави техния ход непредсказуем и даже обратен. Второ, Айнщайновото време не е Нютоновото време – то е неделимо свързано с материята и гравитацията. А тъй като странните правила на квантовата физика управляват всичко, включително и гравитационните полета, то не само часовниците, но и *самото време* ще е обект на квантовата размазаност. Това ни довежда до трудния въпрос за квантовата гравитация. Когато квантовата физика се приложи към електромагнитното поле, получаваме фотони и всички чудновати явления с тях. За гравитационното поле Айнщайн показва, че то може да се разглежда като набръчкване или закривяване на пространство-времето. Така че, когато приложим квантовата физика към гравитацията, пространството и времето също добиват чудновати квантови свойства.

Основната трудност с квантовото време ни връща към основната идея на Айнщайн за времето: няма абсолютно и универсално време. Липсата на абсолютно време означава, че физическите процеси не могат да зависят явно от времето, защото чие време би било то? Като че ли имаме парадокс – нищо

не може да се изменя в квантовия свят. Но не е така. По-скоро единственият смислен начин да се измерва физическото изменение в Айнщайновия свят е да забравим за времето „като такова“ и да съотнасяме измененията единствено с показанията на реалните физически часовници, а не с някакво несъществуващо „време само по себе си“.

Това звучи доста загадъчно. Какво стана с времето? Не излиза ли, че то никога не е съществувало?

То се изпари в квантовата мъглявост по същия начин, по който в квантовата механика изчезнаха други точни понятия като положение и траектория на частиците. Квантовата космология премахна времето, защото за типично квантовото състояние *времето просто няма смисъл*.

Ако тези представи са верни (а те наистина са силно спекулативни), то величината „време“, която е така съдбовна за нашия живот и за описанието на физическия свят, може да се окаже напълно вторично понятие, несвързано с основните закони на Вселената. Така историята ще направи пълен кръг до Нютон, който постави времето в центъра на своето описание на действителността. Сега виждаме, че времето може да е възникнало почти случайно. Можем да смятаме, че отначало, близо до Големия взрив, времето не е съществувало. Само заради особеностите на квантовото състояние на Вселената времето възниква като своеобразен остатък от безвремевите първични движения на зараждащия се космос. Може да изглежда смущаващо, че квантовата физика премахва времето в близост до Големия взрив; но това има една добре дошла компенсация: точно в тази празнина може да се съдържа обяснението за това как е възникнала Вселената.

Глава 8. ИМАГИНЕРНО ВРЕМЕ

Вероятно онова, което наричаме имагинерно време, в действителност е по-фундаментално, а онова, което наричаме реално време, е само представа, която сме изобретили, за да описваме как според нас изглежда Вселената.

Стивън Хокинг

Стивън Хокинг много отдавна се е интересувал от въпроса дали времето е имало начало или се простира назад до безкрайност. А още св. Августин е смятал, че светът е създаден *заедно с* времето, а не *във* времето. Той е разбрал, че самото време е част от Вселената, част от създаването, така че всички приказки за „*преди*“ създаването са безсмислени.

Ако времето не е съществувало винаги, тогава навярно трябва да е имало някакъв скок, при който времето изведнъж е било „включено“. Не значи ли това, че трябва да е имало някакво първо събитие – събитие, което от нищо

не е предхождано, което не е имало причина, някакво свръхестествено събитие?

В ранните си изследвания Хокинг насочва вниманието си към проблема за Първото събитие. С помощта на общата теория на относителността той успя да покаже, че произходът на света наистина е сингулярен. Ако простият модел на Големия взрив бъде проследен до неговата граница, тогава Вселената ще се окаже безкрайно плътна в своето начало. Това е било състояние с безкрайно гравитационно поле, което представлява безкрайно закривяване на пространство-времето. Да опитваме да продължим пространство-времето отвъд такава сингулярност е равносилно да продължим конуса отвъд неговия връх.

Значи първото събитие е било сингулярност на пространство-времето – състояние на безкрайна плътност и кривина?

Не съвсем. Тук има една тънкост. Сингулярността (която е математически артефакт) се дефинира като *граница* на времето, а не като част от самото време, не събитие като такова. Сингулярността ограничава времето в миналото и означава, че времето не е продължавало вечно. При все това не е нужно да е имало някакъв пръв момент.

Как така? Щом времето не е траяло винаги, сигурно е трябвало да има пръв момент.

Не. Има ли най-малко число, по-голямо от нулата? Ясно е, че не. Вземете кое да е малко число (напр. една трилионна); то винаги може да се раздели на две и така да се получават все по-малки числа. Ако времето е непрекъснато, тогава няма да има момент, който да не е предшестван от други моменти. Разбира се, възможно е времето да не е непрекъснато, а само да създава илюзия за непрекъснатост. Теории на „хрононите“ – атоми на времето – бяха създадени, но без особен успех. В своите експерименти физиците често изучават поредици от събития, ставащи през една трилионна част от секундата и досега не се е появил никакъв намек за дискретност на времето.

Добре, може да не е имало пръв момент, но сингулярното начало на Вселената означава, че времето се е включило изведнъж, без видима причина. Това изглежда свръхестествено и не знам как науката може да се справи с произхода на времето.

Допреди няколко години мнозина смятаха така. Изборът изглеждаше прост: или Вселената (и времето) няма начало и е съществувала винаги или е имало сингулярно начало, което науката не може да обясни. Обаче всичко се измени, когато физиката започна да отчита квантовите ефекти. Фундаментално свойство на квантовата физика е, че причината и следствието не са твърдо свързани, както е в класическата физика. Съществува „индетерминизъм“, т.е. някои явления „просто възникват“ – така да се каже спонтанно, – без предшестваща ги причина. Внезапно физиците осъзнаха възможността

времето „да се самовключи“ – спонтанно, – без никакво „външно въздействие“.

Теорията на Хартъл и Хокинг

Стивън Хокинг и Джеймс Хартъл от Калифорнийския университет изследваха начин, по който времето може само да се включи – квантовомеханично – при Големия взрив. Те комбинират Айнщайновото време (и пространство) със законите на квантовата физика. Теорията е твърде спекулативна, но представлява честен опит да се подходи систематично към вероятно най-голямото научно предизвикателство.

Крайъгълният камък на теорията е нещо, което Хокинг нарече „имагинерно време“. Става дума за познатите от алгебрата имагинерни числа – корен квадратен от отрицателно число, например $i = \sqrt{-1}$, така че $i^2 = -1$. Каква е връзката с времето? Тя води началото си от Херман Минковски, който показва, че от Айнщайновата специална теория на относителността по естествен начин произтича идеята за единен „пространствено-времеви“ континуум. Времето се разглежда почти като четвърто измерение на пространството. Все пак разлика има.

Да разгледаме идеята за разстояние в пространство-времето. Разстоянието в пространството е ясно – то е дължината на правата отсечка, съединяваща две точки. Разстоянието във времето е също ясно: това е интервалът между две събития, измерен с часовник, който е неподвижен в интересуващата ни отправна система. Но какво става, когато пространството и времето се смеят в обединено пространство-време?

Например да определим пространствено-времеви интервал между Ню Йорк в 1 часа и Лондон в 2 часа. Правилото по Минковски е следното. Умножаваме времевата разлика по скоростта на светлината и получаваме разстояние. Повдигаме на квадрат пространственото разстояние между двата града и от него изваждаме първото разстояние. Това е странно за събирането на разстояния, но когато е включено времето, трябва да изваждаме по законите на относителността. Накрая взимаме квадратния корен от резултата и така получаваме интервала между две събития в *пространство-времето*, изразен в километри.

Ясно е, че колкото по-голям е времеви интервал между двете събития, толкова по-малък ще е крайният резултат. Така може да се стигне до нулев пространствено-времеви интервал: а именно, когато времевата разлика е точно равна на времето, за което светлината изминава разстоянието между местата на двете събития. Например пространствено-времеви интервал между Земята и Слънцето е *нулев*, когато времеви интервал между тях е 8 1/2 минути, защото светлината изминава разстоянието Слънце – Земя точно за това време.

А какво ще стане, ако времевата разлика е по-голяма от $8 \frac{1}{2}$ минути, т.е. когато пространствено-времето разстояние става отрицателно? Квадратният корен от отрицателно число означава, че резултатът ще бъде *имагинерно* число. Това не трябва да ни тревожи. От физическа гледна точка имагинерно пространствено-времево разстояние означава просто, че времето разстояние на точките е по-голямо от пространственото им разстояние. Най-прост пример са две последователни събития на едно и също място. Тогава тяхното пространствено разстояние е *нулево*, така че пространствено-времето им разстояние ще бъде имагинерно.

Фактът, че i се появява, когато определяме пространствено-времени интервали, е признак, че пространството и времето не се смесват напълно. Числото i маркира времеви интервали, докато неговата липса означава, че имаме работа с пространствени разстояния; разликата е много ясна. Така че маркар Айнщайновото пространство и Айнщайновото време да са преплетени в пространство-времето на Минковски, пространството си остава пространство, а времето – време. Времето може да е четвърто измерение, но то не е *пространствено* измерение, както проличава от тези i .

Сега да преминем към имагинерното време. Ако умножим времевите интервали с i , те вече няма да са имагинерни числа, а реални числа като пространствените интервали (да си спомним, че $i \times i = -1$). Следователно, ако приемем, че времевите интервали са имагинерни числа, тогава пространството и времето стават равнопоставени по правилата на Минковски и времето действително е четвърто измерение на пространството.

Разбира се, светът в действителност не е точно такъв, но идеята на Хокинг е, че някога той е бил такъв. (В мотото към тази глава Хокинг намеква, че вероятно светът е такъв даже в днешно време; с което аз не съм съгласен.) По-конкретно времето може да е било имагинерно (т.е. точно като пространство) в близост до Големия взрив. Тази идея не иде от нищото. Имагинерни величини непрестанно изникват в квантовата физика и понякога причиняват математически затруднения. Години наред физиците разглеждат времето като че ли то е имагинерно, така че да завършат изчисленията си, вместо да стоят в безизходица. Понякога това е просто съмнително средство, което все пак може да доведе до правилен отговор, а понякога може да се оправдае от по-дълбока теория. За случая на прилагане на квантовата физика към космологията идеята на Хартъл и Хокинг наистина има известно оправдание. Както нееднократно посочваме тук, резултат от квантовата неопределеност е размазването или замъгляването на всички измерими величини в макромасщаб. Това включва пространството и времето. Когато са взаимно пришити в пространство-време, може да се случи така, че квантовата размитост да обхваща някои части от пространството и някои части от времето. С други думи времевите интервали могат да са неразличими от пространстве-

ните интервали; отгук и идеята за „*имагинерно време*“. Размазването и смесването на пространството и времето, разбира се, не се забелязват в ежедневието. Те са ограничени в много малки интервали (около 10^{-33} *ст* за пространството и 10^{-43} *s* за времето). И все пак, ако това е така, то радикално променя характера на проблема на Първото събитие.

Квантовото размазване не е нещо дискретно: времето може да бъде малко размазано или много размазано, което означава, че то може да има малко или много пространствена природа. Можем да си представим непрекъснатата последователност, в която времето „започва“ като пространство и постепенно „се превръща“ във време. Това твърдение греша спрямо езика по няколко начина. Времето винаги е време – то в действителност никога не „се превръща“ в нещо друго. По-точно онова, което наричаме „*време*“, може някога да е имало някои от свойствата, които обикновено свързваме с пространството. А „*постепенно*“ означава само за 10^{-43} *s*, което е доста бързо от много гледни точки! При все това в тази теория няма нито сингулярен произход на времето, нито рязко „*включване*“ при $t = 0$.

От друга страна времето не се простира назад до безкрайност. В теорията на Хартъл – Хокинг то със сигурност е ограничено от Големия взрив, както е и в конвенционалната теория, където има пространствено-времева сингулярност, ограничаваща същия път назад. Много хора грешно предполагат, че Хокинг е премахнал идеята за произход на Вселената. Това не е вярно. В неговата теория времето несъмнено е ограничено по трайност, но няма нито Първо събитие, нито внезапен, сингулярен или свръхестествен произход. И, с изключение на казаното по-горе за онези 10^{-43} *s*, резултатът от Големия взрив е почти както преди.

Тези идеи могат да се приложат също и към края на Вселената. Можем да предположим, че времето няма да продължава вечно, а непрекъснато ще затихва, като се превръща в пространство по същия начин, по който е възникнало. Тогава не би имало нито Последно събитие, нито Последен момент, но бъдещето също би било ограничено.

Вероятно става ясно, че моят преразказ на публикацията на Хартъл и Хокинг прикрива множество грехове. Конкретно простото твърдение, че времето „*възниква*“ непрекъснато от пространствена размерност е лесно за словесно изразяване, но механизмът на възникването далеч не е ясен. В действителност продължава да бъде дълбока загадка точно по какъв начин едно добре дефинирано понятие за време (и пространство) може да възникне от квантовата размитост на Големия взрив.

Глава 9. СТРЕЛАТА НА ВРЕМЕТО

Да уловиш вълната

Когато бях аспирант в Лондонския университет, там за пръв път срещнах

Дейвид Бом, един твърде интересен и нестандартен американски учен, който от много време работеше в колежа Бърбек. Целта на срещата ми беше един свързан с дисертацията ми парадокс относно природата на времето. Този парадокс, грубо казано, е следният. За нас е естествено излъченият от радиостанция сигнал да се получи в нашия радиоприемник *след* неговото излъчване. Няма значение, че изоставането е с частица от секундата. Важното е, че никога сигналът не се чува, *преди* той да е излъчен.

А защо да е така, след като всички събития обикновено стават след съответните им причини? Защото този проблем се корени още в уравненията на Максвел, описващи разпространението на електромагнитни вълни, каквито са светлината и радиовълните. Теорията на Максвел предсказва, че радиовълните пътуват в празното пространство със скоростта на светлината. Тя обаче не ни казва дали вълните пристигат, преди или след като са излъчени. А те са безразлични към разликата между минало и бъдеще. Уравненията напълно допускат радиовълните да се разпространяват както напред, така и назад във времето.

На физически жаргон изпратените по посоката на времето вълни се наричат „*закъсняващи*“ (защото идват със закъснение), а изпратените обратно във времето вълни се наричат „*изпреварващи*“ (защото пристигат по-рано). Тъй като не наблюдаваме изпреварващи радиовълни или (изобщо изпреварващи електромагнитни вълни), изпреварващите решения на Максвеловите уравнения обикновено просто се отхвърлят като „*нефизични*“. Но имаме ли основание да правим това? Има ли някакъв физически закон, извън законите за вълновото движение, който да разпорежда: „*Не се допускат никакви изпреварващи решения в тази Вселена*“? Ако такъв няма, какво би могло да кара природата да предпочита закъсняващите пред изпреварващите вълни, щом като и двата вида очевидно съответстват на нейните закони на електромагнетизма?

Тази загадка ме вълнуваше от времето, когато на семинар на Кралското общество през 1967 кеймбриджският астроном Фред Хойл предложи свое собствено решение на проблема за времевата асиметрия. Хойл беше убеден, че отговорът е свързан с начина, по който Вселената се разширява. Предполагането, че онова, което става в моето радио, може по някакъв начин да е свързано със съдбата на космоса, така ме завладя, че аз реших сам да търся решение. Насочих се към най-простата система, която може да излъчва и поглъща електромагнитни вълни – единичен атом. На квантово равнище процесът също изглежда съвсем симетричен: при обръщане на времето атомът, поглъщащ фотон, се превръща в атом, излъчващ фотон.

В действителност Айнщайн още през 1916 беше се обърнал към същата тази симетрия между излъчването и поглъщането на фотони, с цел да пресметне скоростта, с която възбуден атом спонтанно ще излъчи фотон в празното пространство.

Обаче симетрията между излъчване и поглъщане на фотони от атома почива върху едно неявно предположение. Смята се, че невъзбуденият атом поглъща фотони, които падат върху него с напълно случайни фази. Исках да узная откъде иде това предположение за случайните фази, защото то е решаващо за времевата симетрия между излъчването и поглъщането на фотони от атомите. Ето с този въпрос отидох при Бом.

Попитах го: „Откъде иде предположението за случайните фази?“. Отговорът му ме смая и разочарова: „Откъде да знам?“.

„Но без това предположение много няма да напреднем във физиката“ протестирах аз.

„Според мен“ – отвърна Бом – „напредъкът в науката обикновено се постига с отхвърляне на предположенията“.

Историята показва, че той принципно е прав. Но аз продължих да търся отговор на въпроса за случайните фази и за целта се обърнах към статия на Айнщайн от 1909. Той смята, че законите на електромагнетизма трябва да са симетрични спрямо времето, но асиметрията на закъсняващите вълни има статистически произход. За да обясня идеята на Айнщайн, ще използвам следния пример. Ако хвърлим камък в басейн с вода, ще възникнат кръгови вълни, които постепенно ще затихнат по бреговете. Това са закъсняващи вълни. Като заснемем тази картина на филм и го завъртим в обратна посока, ще получим изпреварващи вълни: по бреговата линия ще възникнат вълнички, които ще се събират в подредени кръгове и накрая ще се слеят в точка. Този сценарий, строго казано, не е невъзможен. Той е допустим, но е твърде малко вероятно отделните малки вълнички да се организират в подредено кръгово движение и да пристигнат в една обща точка по едно и също време. В действителност можем да очакваме, че вълничките ще бъдат хаотично насочени, а фазите им напълно случайни.

В електромагнитен превод това означава, че изпреварващата вълна не е невъзможна, но е извънредно малко вероятна. Тази еднопосочна във времето природа на радиовълните и на останалото електромагнитно лъчение е само малка част от сложната матрица на физическите явления, които отпечатват стрела на времето върху Вселената. В ежедневието ние без колебание отгатваме посоката на тази стрела, защото сме заобиколени от процеси, които изглеждат необратими. Но дълбоката същност на стрелата е пълна загадка. Както споменахме по-рано, Болцман е вярвал, че е открил източника на стрелата във втория закон на термодинамиката, но Поанкаре отхвърля основата на неговото доказателство. Връзката между втория закон и стрелата на времето е широко популяризирана от Артър Едингтън през 1920-те и оттогава е непресъхващ извор на интерес. Но загадката все още остава без определен отговор.

Явно е, че правилото топлината да протича винаги еднопосочно от топ-

лото към студеното е в основата на много от „*ежедневните*“ прояви на стрелата. В космически мащаби този закон описва Вселена, неумолимо обречена на деградация и свличаща се към окончателна топлинна смърт. В крайна сметка ще загине Слънцето, ще загинат всички звезди, а вероятно и Вселената като цяло – ако преди това тя не колапсира в Голям срив.

Сигнали от бъдещето

През 1941 принстънският физик Джон Уилър дава на своя блестящ ученик (и бъдещ лауреат на Нобелова награда) Ричард Файнман* задача, свързана с природата на времето и поведението на електромагнитните вълни. Уилър цели да определи какво ще се случи, ако изпреварващите и закъсняващите електромагнитни вълни винаги се създават при равни условия. Освен всичко друго това би означавало, че радиопредавател би изпращал половината от своята вълнова енергия в бъдещето, а другата половина – в миналото.

Резултатът от изчисленията им е пълна изненада: оказва се, че изпреварващите вълни изчезват! Ето защо. Когато закъсняващите вълни от даден земен източник се разпространяват във Вселената и срещат вещество, те се поглъщат. Процесът на поглъщане включва смущение на електрични заряди от електромагнитни вълни, в резултат на което тези отдалечени заряди създават вторично лъчение. Това лъчение също е наполовина изпреварващо и наполовина закъсняващо. Изпреварващата компонента на това вторично лъчение пътува обратно във времето и част от него стига до земния източник. Тази вторична вълна, разбира се, е само слабо ехо от изходната вълна, но милиарди такива вълни във Вселената могат да се сумират и да доведат до чувствителен ефект. Уилър и Файнман доказват, че при определени условия изпреварващото вторично лъчение може да удвои интензитета на закъсняващата първична вълна и да я доведе до пълния ѝ интензитет, а заедно с това чрез деструктивна интерференция да унищожи изпреварващата вълна на първичния източник. В крайна сметка окончателният резултат е имитация на чисто закъсняващо излъчване. Може би *това* е причината за стрелата на времето в поведението на електромагнитните вълни. Очевидно е, че теорията ще бъде валидна, ако излъчените електромагнитни вълни в *крайна сметка* бъдат погълнати някъде в космоса – може би след безброй ери.

Ние, разбира се, не можем да узнаем това, защото не знаем бъдещето, но можем да екстраполираме съвременните си знания. Ако Вселената не поглъща цялото лъчение (т.е. не е напълно непрозрачна) все пак би имало поне непълно анулиране на изпреварващите вълни. Тогава има вероятност да се

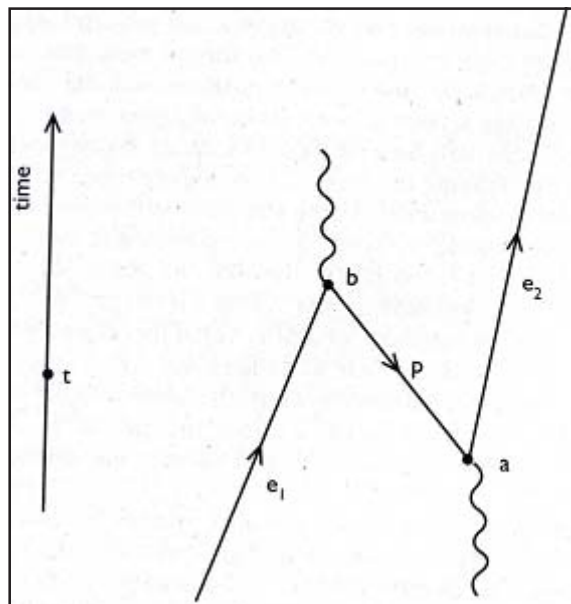
* На Р. Файнман сп. *Светът на физиката* посвети рубриката „Четиво с продължение“ за 2000 г. – бел. прев.

регистрират изпреварващи вълни, идещи от бъдещето. Остроумните опити на няколко астрофизици през 1970-те години все пак не дадоха очакваната проверка на тази теория.

Вещество и инверсия на времето

Почти веднага след създаването на тази теория Уилър предлага на Файнман друга чудата идея, включваща обратно във времето действие. Този път връзката е с антивеществото. Идеята за антивеществото е предсказана през 1930-те години от Пол Дирак при опита му да обедини квантовата механика със специалната теория на относителността. Полученото от него уравнение описва релативистичен електрон; но за голямо учудване на Дирак всяко решение на уравнението описва не само електрон, но и нещо като огледална частица, която е тъждествена на електрона, но свойствата ѝ (напр. зарядът) са точно обратни. Античастицата на електрона е наречена позитрон и покъсно е открита в космичните лъчи. Днес частиците на антиматерията се получават по рутинен начин в лабораториите, но през 1940-те години те са още загадъчни с единствено изключение на позитрона.

Но да се върнем към предложението на Уилър и неговото развитие от Файнман. Фиг. 9.1 е пространствено-времева диаграма, показваща възникването и последващата аниhilация на позитрон. Здравият разум ни подсказва,



Фиг. 9.1. Пространствено-времева диаграма, показваща, че в момента t наблюдателят би видял трите частици p , e_1 и e_2 .

че гама-фотонът, изобразен с вълниста линия, отиваща нагоре, създава в събитието a електрон-позитронна двойка, при което електронът e_2 отлита надясно, докато позитронът p отлита наляво, удря втори електрон e_1 в събитието v и аниhilира, създавайки пак фотон. Крайният резултат е, че електронът e_1 изчезва в едно място, за да бъде заменен с електрона e_2 на друго. Дръзкото хрумване на Файнман е, че в действителност електроните e_1 и e_2 са една и съща частица, макар че в интервала между събитията a и v съществуват едновременно и двата електрона!

Идеята на Файнман е непрекъснатата зигзаговидна линия да се разглежда не като сбор от све-

товните линии на три различни частици, а като непрекъсната световна линия на *един-единствен* електрон. Тогава обратно наклонената част от траекторията – сегментът, съответстващ на позитрона, – означава електрон, *движещ се обратно във времето*. Обръщането на времето проличава от стрелките върху световната линия. В нормалната, електронна, фаза стрелката сочи напред във времето, но през позитронната фаза тя е насочена обратно. Наблюдател, разположен в момент между *a* и *b*, би видял два електрона и един позитрон, но според Файнман това е само една частица, която виждаме три пъти: първо, в началния ѝ вид (e_1), след това като позитрон, идещ обратно от бъдещето, и накрая (e_2) отново напред във времето.

Връзката между времевата симетрия и симетрията вещество-антивещество в действителност е много дълбока. Може да се покаже при твърде общи предположения, че ако законите на Вселената са строго симетрични по времето, тогава Вселената би се състояла от еднакви части вещество и антивещество. Антивеществото *изглежда* също като веществото, така че не е изключено половината галактики да са от вещество, а другата половина – от антивещество. За да наблюдаваме подобно нещо, трябва да намерим как би се проявявало антивеществото. Макар да има много наблюдения за сблъсъци на галактики, няма установени случаи на аниhilация. Това говори за преобладаващо количество на веществото спрямо антивеществото.

Изводът от тези наблюдения е твърде дълбок, а именно, че в природата *няма симетрия* на вещество и антивещество, поради което законите на Вселената *не са* точно симетрични по времето. Космическите процеси, довели до възникването на космическата материя, трябва да са били макар и малко наклонени във времето. С други думи трябва да има поне един фундаментален физически процес, който не е точно симетричен относно инверсия на времето.

Частицата, която знае времето

По едно съвпадение, докато Файнман отшлифова своите идеи за антивещество и инверсия на времето, е открита нова субатомна частица, която се оказва от критично значение за въпроса на времевата симетрия. Тази частица, наречена каон, е открита през 1947 в космичните лъчи. Типичният каон се създава при удар на две силно взаимодействащи ядрени частици, напр. протон и неутрон. Но макар че каонът се разпада на други силно взаимодействащи частици (каквито са пионите), за това разпадане му е нужна около една наносекунда. Това е шокиращо! Щом частицата се ражда при определен вид процес за една трилионно трилионна част от секундата, защо при същия тип процес тя не се разпада за почти същото време? Онова, което може да става в една посока, би трябвало да става и в обратната посока. Какво кара каона да се разпада трилион пъти по-дълго, отколкото е времето за неговото раждане?

Под заплаха е един почти свят физически принцип, приеман безпрекос-

ловно от незапомнени времена – принципът за обратимостта на всички фундаментални физически процеси. Този принцип произтича от времевата симетрия на законите, лежащи в основата на фундаменталните физически процеси. Обикновено с T се означава операцията на инверсия на времето, т.е. размяната на бъдещето с миналото. Симетричните по времето закони са инвариантни относно операцията T . Добър пример за това са уравненията на Максвел за електромагнетизма – те със сигурност са T -инвариантни. Ако приложим T към закъсняваща вълна, ще получим изпреварваща вълна. Изпреварващите вълни са физически възможни, макар че по някаква причина не ги виждаме.

Физиците от десетилетия вярваха в точната T -инвариантност, без да имат съвсем ясни аргументи. Съществуваше интуитивното усещане, че нещо толкова просто като елементарна частица или електромагнитна вълна не би могло да има вътрешно усещане за минало и бъдеще. Фактът, че каонът може да се присмива на това правило и времето му на разпад да е трилион пъти по-голямо от времето на раждане, е толкова странен, че физиците му приписаха специалното свойство „странност“. Малко по-късно бяха открити и други странни частици. А източникът на тяхната странност беше съдържаният се във всички тях особен вид кварк – странният кварк.

Причината за странното поведение на странните частици скоро стана ясна. Странна частица възниква, когато при високоенергетичен сблъсък на ядрени частици се образува странен кварк. При сблъсъка се образува и странен антикварк. Тъй като странността и „антистранността“ на тези две частици се компенсират, при процеса сумарно не възниква странност, така че той може да протича и в обратна посока, при която двойката кварк – антикварк отново анихилира. Обаче странният кварк попада в затвор на каон, а последният не може да се разпадне, ако случайно не се натъкне на частица, съдържаща антикварк, което е много малко вероятно. Процесът ще бъде необратим, ако слабата ядрена сила не превърне един тип кварк в друг. Когато това стане, каонът вече може да се разпадне. Но тъй като слабият процес е много бавен, разпадът на каона трае (относително) много дълго. В крайна сметка се оказва, че процесите на раждане и разпад на каони не са взаимно обратни, така че законът за обратимост във времето не се нарушава от тези странни процеси.

Но историята едва започва. Когато е измерено времето на разпад на неутралния каон, се оказва, че тази частица може да има две различни времена на разпад! Понякога тя се разпада на два пиона след около една десетотриллионна секунда, а друг път – на три пиона след хилядократно по-дълъг живот. Като че ли една и съща частица се обитава от две различни същности – нещо като Хайд и Джекил.

Оказва се, че в действителност това са две различни частици – каон и антикаон и времето на живот на антикаона е значително по-дълго от това на

каона. Каонът осцилира между тези две състояния, които претърпяват взаимни превръщания под действието на слабите взаимодействия. И макар това да е незначителен ефект, той е много съществен, защото показва, че каонът има *вътрешно* „сетиво“ за разликата минало – бъдеще.

Но нали Айнщайн ликвидира понятията минало и бъдеще? Тогава как да разбирам, че каонът притежава вътрешен усет за асиметрията минало – бъдеще?

Добър въпрос. Тук проблемът е езиков. Айнщайн отхвърли абсолютното деление на минало и бъдеще време, разделени от универсален настоящ момент или „сега“. Но това не пречи да се прави абсолютна разлика между минала и бъдеща *посока* на времето. Тук ние използваме думите „минало“ и „бъдеще“ по два тънко различаващи се начина, които приличат на нашата употреба на думите „север“ и „юг“. В едни случаи „Север“ и „Юг“ са *райони* в света, в континенти или в страни, а в други случаи това са *посоки*. Има също асиметрия между север и юг, свързана с въртенето на Земята. Тази асиметрия се посочва от стрелката на компаса, която по отношение на пространствената асиметрия е аналогична на стрелата на времето. Скромният каон посочва времето в ограничен смисъл: той знае разликата между двете *посоки* на времето – минало и бъдеще. Но каонът в никакъв случай *не дели* времето на минало, настояще и бъдеще.

Но как може една дребна частица като каона да знае, че е имало Голям взрив и космическо начало. Едва ли във времето има табела с надпис „*в тази посока е Големият взрив*“

В действителност табела има. Разширението на Вселената определя времевата посока от Големия взрив към бъдещето.

Да не искаш да кажеш, че каоните са настроени в синхрон с космоса. Че могат да усещат разширението на Вселената?

Точно така. Съществува мнението, че приписваната на разпада на каона посока на времето е пряко свързана с космологичното движение. Следователно, ако Вселената се свива, вместо да се разширява, времевата асиметрия на каонния разпад ще бъде обратната. Фактически свиваща се веществена Вселена е същото като разширяваща се антивеществена Вселена.

Това означава ли, че ако Вселената започне да се свива, стрелата на времето ще сочи в обратната посока?

А, това е интересен въпрос! Чети по-нататък...

Глава 10. НАЗАД ВЪВ ВРЕМЕТО

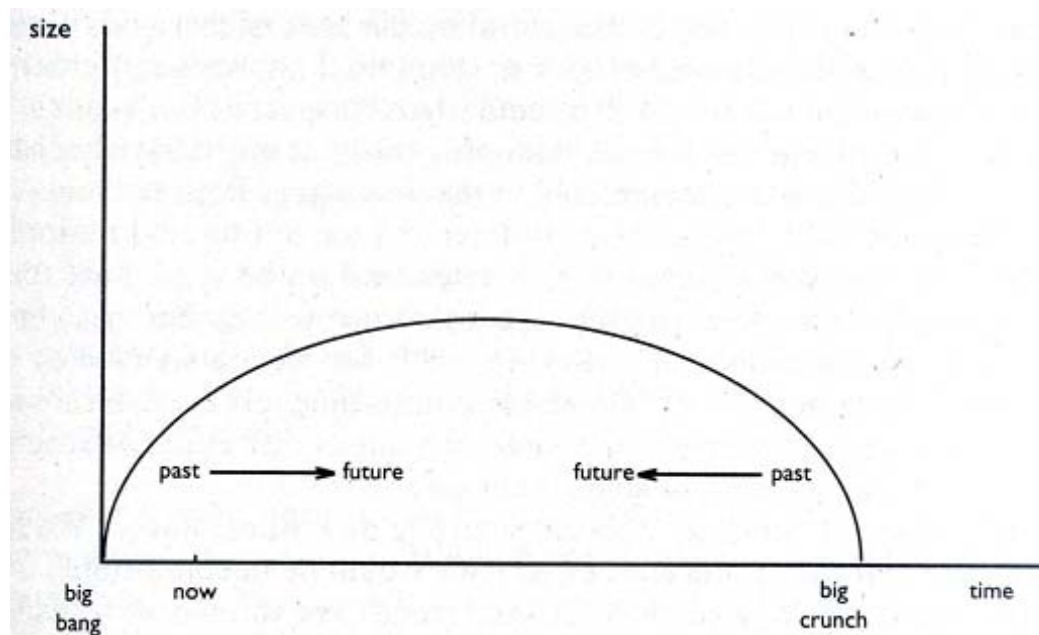
Обръщането на стрелата би направило нелеп външния свят
Артър Едингтън

Обръщането

Идеята за обратен ход на времето може да изглежда забавна, но тя далеч

не е нова. Представата за цикличност на времето означава, че на даден етап то се обръща и светът се връща в изходното си състояние. Платон описва как би изглеждало това: „Всички животни престават да се състаряват, после започват да се подмладяват, лицата на мъжете с побелели бради стават меки и розови, телата им се смаляват, те се превръщат в новородени, а после изчезват...“.

През 1960-те години подобна теория разви астрофизикът Томас Голд. Според Голд основният процес, който налага асиметрията минало – бъдеще върху света, е изтичането на топлината от звездите в околното пространство. Последното е по-студено и по-тъмно от звездите, защото Вселената непрекъснато се разширява и поглъща все повече топлина.



10.1. Вселена с обръщане на времето. Започва се от Голям взрив, преминава се през максимален размер и се стига до Голям срив. В първата половина времето тече напред, а във втората – назад. Поради симетрията двете половини (минало и бъдеще) са взаимно заменяеми.

(вътре в текста: Голям взрив, Голям срив, размер, време, минало, бъдеще, бъдеще, минало)

След като веднъж установява връзката между стрелата на времето и разширението на Вселената, на Голд му остава само една малка крачка, за да допусне, че ако Вселената на някакъв етап започне да се свива, стрелата ще се обърне. Тогава „топлината ще започне да тече от студените тела към топлините и времето ще обърне своя ход“.

Голд говори за космически цикъл, траещ десетки милиарди години (фиг. 10.1). Не е ясно дали това преобръщане на стрелата ще има живи свидетели.

Но по-смушаващо е друго. Срещата на двете стрели поражда пълна бъркотия, при която се смесват противоположно насочени физически процеси. Не е ясно дали това прави теорията изцяло невалидна или е възможен някакъв разумен изход. Трудността иде от това, че между разширението на Вселената и топлинния поток в пространството има голям интервал от време: Вселената може да е започнала да се свива, а това ще проличи след милиарди години, защото светлината трябва да измине твърде дълъг път. За да почне да постъпва топлина към Слънцето, ще трябва лъчението от дълбините на Вселената да е започнало да се насочва към Слънцето милиарди години, преди разширението да се превърне в свиване. Това означава във Вселената да има някаква гигантска вградена програма, която предвижда бъдещето в най-малки подробности. Малко трудно е да се повярва на това, но вероятно не е невъзможно.

Най-голямата грешка на Хокинг

*Онзи, който никога не е грешал,
никога не е правил откритие.*

Тези трудността не попречиха на Стивън Хокинг да обсъжда обръщане на космическото време в духа на Голд. Той стига до това схващане не въз основа на поведението на звездната светлина, а като изхожда от квантовата космология. В любимия на Хокинг космологичен модел Вселената възниква при Голям взрив, разширява се до максимален размер и после отново се свива по симетричен начин до своето изчезване в „Голям срив“. Когато Хокинг прилага квантовата механика към този модел (ср.гл. 7), на пръв поглед изглежда, че така като че ли законите на квантовата механика автоматично ще доведат Вселената до симетрична във времето еволюция и то не само в едри мащаби, но и в микродетайли. По-късно обаче Хокинг признава, че тази теория е неговата „най-голяма грешка“ и на конференция в Испания през 1991, посветена изцяло на въпроса за стрелата на времето, доблестно обясни пред препълнената аудитория по какъв начин е стигнал до заблуда.

Но въпреки това публично самоотричане джинът вече беше пуснат от бутилката. Джеймс Хартъл и Нобеловият лауреат Мъри Гел-Ман от Калтех съобразиха, че ако квантовомеханичните правила бъдат леко изменени, грешката на Хокинг може да бъде поправена и Вселената да се окаже напълно симетрична във времето. Гел-Ман и Хартъл не предпоставят, че светът *трябва* да е именно такъв, а само че той би могъл да е такъв. Последва оживена, но без окончателни резултати дискусия за това, че ако те са прави, не бихме забелязали нищо необикновено. Може ли в съвременния свят да съществува

някакъв намек за съществуването на антисвят в нашето далечно бъдеще? Гел-Ман и Хартъл посочиха, че е възможно да се открият някакви видимо необратими процеси, които постепенно се забавят в предусещане на настъпващото обръщане на времето. Например времената на полуживот на някои много дълго живеещи радиоизотопи вероятно биха могли да усетят „*обръщането на течението*“ в рамките на десет милиарда години. Възможно е дори в наше време радиационният поток, излъчван към космоса, да претърпява леко задържане.

Време за всеки

*Време за раждане и време за умирање;
време за засаждане и време за изкореняване на насаденото.*
Еклесиаст, 3:2

Междувременно философът Хю Прайс от Сидни нападна физическата общност за „*двойни стандарти*“, тъй като Вселена, която симетрично се разширява и свива, *трябва* да има стрела на времето, която се обръща заедно с Вселената, защото ние нямаме право да правим разлика между една времева крайност („*началото*“ или Големия взрив) и друга („*края*“ или Големия срив). Каквито и да са нашите физически или философски аргументи за това стрелата на времето да сочи от Големия взрив към бъдещето, същите аргументи трябва да са валидни стрелата да е насочена от Големия срив към миналото. Позицията на Прайс е, че тъй като законите на физиката не правят разлика между една посока на времето и друга (пренебрегваме каоните) и тъй като Вселената като цяло се разширява и свива симетрично, не съществува нищо физично, което да маркира „*старт*“ и „*финал*“.

Все пак квантовата космология на Хокинг, Хартъл и Гел-Ман има изход от клопката на Прайс. Да си спомним (вж. Гл. 7), че всички квантови системи са обект на вътрешно присъща неопределеност. Когато дадена система еволюира, съществуват множество възможни резултати, предлагат се много конкуриращи се реалности. При лабораторен експеримент наблюдателят винаги ще вижда една-единствена конкретна реалност измежду всички конкуренти. Например измерването на фотонния път винаги ще дава като резултат или един път или друг, но никога едновременно няколко. Когато става дума за Вселената като цяло, няма никакъв външен наблюдател, защото Вселената е всичко, което може да съществува, така че квантовата космология се натъква на важен проблем от интерпретационен характер. Най-често приеманият подход е да се смята, че *всички* конкуриращи се квантови реалности разполагат с еднакъв статут. Те не са просто „*фантомни светове*“ или „*потенциални реалности*“, а са „*действително реални*“ и при това всички те. Всяка реалност съответства на цяла една Вселена в комплект с принадле-

жащите й пространство и време. Тези много вселени не са свързани *през* пространството и времето, но са по някакъв начин „паралелни“, съществуват една до друга. И, изобщо казано, те са безкрайно много.

Съществуването на безкрайна колекция от вселени и на безброй времена означава, че всичко, което е допустимо в широките рамки на квантовото размазване, *действително* се случва в поне една от вселените. Подобна богата мозайка от съществувания позволява на теорията спокойно да се разпоглежда с направените допускания. Цялостната квантовомеханична еволюция на съвкупността от вселени е симетрична във времето – тя не прави разлика между Голям взрив и Голям срив. Обаче всяка отделна вселена, изобщо казано, притежава добре дефинирана стрела на времето. Така че ще има вселени, в които тази стрела сочи „напред“, и други, където сочи „назад“. Никоя от тези посоки не е привилегирована. Ще има също така една много, много малка част вселени, които претърпяват обръщания от типа на Голд. Но най-често един наблюдател ще се оказва във вселена с постоянна стрела на времето и с ясно определено минало във вид на Голям взрив, както и бъдеще на Голям срив. Взривът и сривът ще бъдат физически различими в огромен брой случаи.

Можем да се запитаме защо при наличието на толкова много вселени ние виждаме само една от тях. Обяснението е в хипотезата, че заедно с разделянето на Вселената на няколко алтернативни свята наблюдателят също се разделя и всяко негово копие съответства на един от световите. На практика квантовите процеси, ставащи през цялото време, непрекъснато разцепват Вселената и наблюдателя в голям брой копия. Всяко от тези копия е затрогващо уверено, че е уникално. Колкото и странно да изглежда, тази увереност напълно се съгласува с експеримента, доколкото различните светове остават разделени. Проблем възниква, когато те започнат да се припокриват или да взаимодействат помежду си.

Това води до втори въпрос: възможно ли е да се наблюдават други вселени? Обичайният отговор е не, но няма пълно единодушие. Дейвид Дойч, физик от Оксфордския университет със склонност към необичайното, вярва, че по принцип е възможно да се направят микроскопски експерименти, при които два или повече свята са временно скачени и между тях могат да преминават физически въздействия.

Какво ще се случи, ако нашата Вселена (една от многото!) временно се окаже свързана с един от антисветовите? Ще можем ли тогава да надникнем в бъдещето макар и с неясни контури? Ще можем ли да открием в нашата Вселена обекти, които правят видимо чудни неща, защото тяхната посока на времето временно се е обърнала. Бихме ли могли да очакваме невероятни съвпадения или удивителни случайности, които за обратно течащо време са

напълно нормални (при разбъркване тестето карти се нарежда по цветове)? При нормални условия скачването на два квантови свята би създавало само ефекти на атомно ниво, а не явления от типа на паранормалните. Все пак някои учени подозират, че *вероятно* съществуват обстоятелства, при които смесването на квантови реалности намира драматични прояви в човешки мащаби.

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

Подбор и превод: **М. Бушев**

АБОНАМЕНТ

За сп. „Светът на физиката“

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

Годишен абонамент – десет (10) лева

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