

РЕДАКЦИОННО

Живеем във вълнуващата епоха на достигната пълна проектна енергия, втората от ерата на Големия адронен колайдер (LHC). Успехите, новите експериментални резултати, напредъкът в анализа на потока от данни, благоприятната икономическа среда за нови приложения, мотивиращата атмосфера за теоретичната физика карат някои физици и историци на физиката, главно зад океана, да си задават въпроса: „А какво би било, ако бяхме построили Суперпроводящия супер колайдер (SSC)?“. За най-младите колеги и студенти: В края на 1993 година Конгресът на САЩ преустанови строежа на гигантския протонен ускорител, SSC, проектиран да достигне енергии от 40 тераелектронволта (TeV). За сравнение, максималната енергия на LHC е 14 TeV, т.е. почти три пъти по-ниска. В момента на спирането си, станало по времето на първата администрация на президента (Бил) Клинтън, проектът SSC е изхарчил повече от два милиарда долара. Тези пари биват просто отписани от федералния бюджет на САЩ и щатския на Тексас. Многокилометровия тунел, издълбан за SSC, и до днес привлича туристи в северен Тексас.

Официалната причина за гибелта на SSC е острата нужда от редуциране на взелия застрашителни мащаби бюджетен дефицит на САЩ. (Дефицит, който Клинтън ликвидира много успешно, за да бъде набързо „възстановен“ още при следващата администрация на Дж. Буш младши. Но това е, както се казва, друга тема.) Втората причина, която обикновено се споменава, е краят на студената война, след който не е имало нужда от такива мащабни и политически значими проекти. Но това далеч не е цялата истина; съществуват редица политически обстоятелства, а така също и грешни решения на обществото на американските физици, довели до този може би най-сериозен удар срещу световната наука в края на двадесети век. Може да изглежда пресилено, но историята на SSC е поучителна и за нас.

Изминалият период до излизането на кн. 3 предостави нови примери за това, че на българската научна общност все още ѝ предстои да извърви дълъг път до пълната си адаптация към новите условия на едно (относително) свободно и демократично общество. Адаптация, която да позволи не само да преживява, но и да просперира. Исторически факт е, че демократичното общество предоставя най-добри условия за развитие на науката, и обратно, науката се отблагодарява на обществото, като осигурява технологическо и икономическо развитие, непостижимо за други общества. В такива общества обаче всичко се постига с активност и работа, нищо не се „просто случва“. Нещо повече, новите политики, значимите обществени дела рядко са резултат от усилията на единици. За да отстоява позициите си, научната общност по необходимост трябва да е високоорганизирана и това в модерните страни се реализира чрез професионалните организации и съюзи. Трябва да признаем, че за съжаление влиянието на последните в българското общество е незначително. Поредното доказателство за това е пълното игнориране на становището на Съюза на физиците за Закона за училищното и предучилищното образование от страна на парламентарната комисията за образование и наука

(КОН). Показателно е и друго: другите професионални научни съюзи – на математиците, химиците и биолозите – изобщо не изразиха отношение към този ключов, засягащ всички ни закон. Множество важни закони и документи от национално значение се приемат без участието на научните съюзи. Само в последните години това са катастрофалният Закон за развитието на академичния състав (ЗРАС) на министър Игнатов, новоприетият Закон за висшето образование (ЗВО) – качествен, но приет пак без принос на научните съюзи, Законът за изменение и допълнение на закон за насърчаване на научните изследвания – палиативен, неведещ до качествено нови политики, Националната стратегия за развитие на научните изследвания, документацията, свързана с новата Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж” (ОП-НОИР), поправките в Правилника за работа на Фонд научни изследвания, и много други. Това не означава, че учени и преподаватели не са участвали в горните дейности, но формалното изключване на съюзите ги лишава от представителност, а най-често и от мъдрост и ефективност. Списание „Светът на физиката” счита, че е настъпило време за нови и интензивни форми на сътрудничеството между научните организации, рязко активизиране на тяхната обществена дейност, участието им в политиката и в процесите за взимане на решения в областта на образованието и науката и призовава СФБ да поеме водеща роля в стимулирането на тези процеси.

Накрая, най-неприятното. Редакционната колегия дължи извинение на верните си абонати и читатели за огромното закъснение, с което книжка трета за 2015 година излиза. Нещо повече, закъснението и обстоятелствата, изложени по-долу, обезсмислят публикуването на книжка четвърта и тя няма да бъде издадена. Причините са много, но между тях не е липсата на готовност и интерес от страна на колегията за експедитивно компилиране, редактиране и издаване на списанието. Вероятно ще прозвучи изненадващо, но основният проблем не е финансов. Макар че качествено по-високо финансиране със сигурност би подобрило „издателския климат”, свързан със списанието. Основната причина е прозаична – липсата на достатъчен брой автори. Живеем във времена, в които повечето колеги и особено по-младите следват диктата „публикувай или погини”, като за публикации се броят единствено тези в списания с импакт фактор. Очевидно писането на професионални популярни статии не е изгодна дейност. (Работната дефиниция на „Светът на физиката” за професионална популярна статия е статия, която може да бъде разбрана от колега физик, неработещ в тясната тема.) Преводът на интересни материали от чужди списания още повече „не се изплаща”. Преди няколко години редакционната колегия взе решение да кани наскоро хабилитирали се колеги да представят кариерата и работите си в резюме. Ограниченият брой такива статии показва, че даже тази привлекателна за потенциалните автори инициатива не получи очаквания отклик.

Очевидно са нужни сериозни промени в любимото ни списание. Такова списание трябва да съществува и това не е мнение на пристрастни хора. На последното си съвещание УС на СБФ взе решение да намали обема на списанието наполовина. Това обаче едва ли ще е достатъчно то да бъде спасено. Необходими ще са и нови идеи, нови и повече хора да го списват. Вероятно и хора с нов начин на мислене и силна мотивация.

НОБЕЛОВАТА НАГРАДА ПО ФИЗИКА ЗА 2015 Г.

Екатерина Христова

Нобеловата награда по физика за 2015 г. беше поделена между японския физик Такааки Кадзита от Университета в Токио и Артур МакДоналд от Кралския колеж в Канада за тяхната водеща роля в експериментите по откриване на осцилациите на неутрино. Теоретиците бяха показали, че неутринните осцилации са възможни единствено ако неутриното има ненулева маса.

Неутриното е най-удивителната частичка във Вселената. Без преувеличение може да се каже, че ние живеем в един свят на неутрина. Те са вторите, след фотона, най-разпространени частици – всяка секунда през 1 cm^2 на Земята преминават около $6 \cdot 10^6$ неутрина, но тяхното взаимодействие е толкова слабо, че ние не ги усещаме и те практически не влияят на веществото. Затова дълго време тяхното съществуване не беше експериментално доказано.

Частичката неутрино е предложена от родения в Австрия през 1930 г. швейцарски физик Волфганг Паули, но не както си му е редът в научна статия, а в писмо до колегите му, което започва с думите: „Драги радиоактивни дами и господа”. В него, в желанието си да възстанови закона за запазване на енергията при наблюдавания за първи път бета-разпад, той предполага съществуването на електрически неутрална, много слабо взаимодействаща и много лека частица и ѝ дава името неутрон. Скоро след това, 1933-1934 г., италианският физик Енрико Ферми включва тази частичка в изградената от него стройна теория на бета-разпада – тя е безмасова и, тъй като неутронът е вече открит от Джеймс Чадуик през 1932 г., я нарича по италиански маниер с умалителното име – неутрино.

Но експерименталното откриването на тази частичка става много по-късно. Почти потвърждавайки думите на Паули: „Аз направих нещо ужасно, предсказах частица, която не може да бъде наблюдавана!”, неутрино се регистрира едва когато се построяват първите ядрени централи, където се ражда плътен поток неутрино с големи енергии. През 1956 г., две години пред смъртта на Паули, физиците Ф. Райнс и К. Коуан пращат телеграма до Паули: „неутриното остави следи в нашия детектор.”

Неутриното се считаше безмасова частичка, такава е тя и в рамките на съществуващия Стандартен модел, описващ успешно взаимодействието на елементарните частици. Съгласно Стандартния модел материята е изградена от електрически заредени кварки, лептони и електрически неутрални лептони – неутрината, калибровъчни бозони и новооткрития Хигс бозон. Неутриното е единственият електрически неутрален лептон, единственият безмасов лептон и единствената частичка, взаимодействаща само посредством слабото взаимодействие.

Съществуват три вида неутрино – всяко неутрино винаги се придружава от свой електрически зареден лептонен партньор – електронното неутрино се ражда придружено от електрона, мюонното неутрино – от мюона, и тау-неутриното – от

тау-лептона. В Стандартния модел всички неутрина са безмасови, без обаче да има теоретична обосновка за това. Но даже ако се предположи, че те имат много малка маса, отчитайки изключително слабото взаимодействие на неутрино, тя не би могла да се детектира експериментално, използвайки известните понастоящем методи.

През 1957 г. Бруно Понтекорво показва, че ако неутрината имат ненулева маса, то те ще осцилират, т.е. ще преминават от един вид в друг. Тогава са известни само два вида неутрино – електронно и мюонно. Скоро след това започва търсенето на осцилации с цел потвърждение или отхвърляне на хипотезата за ненулева маса на неутрино.

От средата на 60-те години възниква така нареченият проблем със Слънчевите неутрина. По това време стават известни термоядрените реакции, които поддържат температурата на Слънцето, въз основа на тях е изчислен потокът от породените слънчеви неутрина. Но когато този поток е измерен на Земята, той се оказва 2-3 пъти по-малък от очаквания. Къде изчезват неутрината по техния път от Слънцето до Земята? Предлагат се няколко хипотези за решаване на този проблем – неутринните осцилации е една от тях.

Експерименталната група в Неутринната обсерватория в Садбери (SNO) в Онтарио, Канада, ръководена от А. МакДоналд, показва еднозначно, че неутрината от Слънцето не изчезват, а преминават от електронни, каквито се раждат на Слънцето, в мюонни и тау-неутрина. Това е възможно само ако неутрино има маса.

В Садбери съоръжението за регистриране на слънчевите неутрина представлява огромен резервоар, пълен с 1000 тона тежка вода, разположен на 2 км под Земята. Особено в този експеримент е, че се използва тежка вода, в която водородът е заменен с деутерий. Това се прави с цел да се измерят поотделно както потокът от електронни неутрина, така и пълният поток неутрина от Слънцето, независимо от техния вид. Известно е, че в недрата на Слънцето се раждат само електронни неутрина и всички предишни детектори за слънчеви неутрина измерваха предимно електронните неутрина и не даваха почти никаква информация за тау- и мюонните неутрина. Сега за първи път потокът електронни неутрина можеше да се сравни с пълния поток неутрина от Слънцето. Съгласно Стандартния слънчев модел, те трябваше да са еднакви, тоест сумарният поток трябва да се състои от електронни неутрина. Ако това не е така, значи нещо става с електронните неутрина по време на тяхното дълго пътешествие от 150 000 000 км от Слънцето до Земята. Още първите резултати от измерванията, докладвани 2001 г., показват, че сумата от всички видове неутрина съпада с очаквания поток от Слънцето, докато електронните неутрина са едва една трета от него. Заключение идва естествено – по пътя до Земята електронните неутрино не се губят, а се превръщат в другите два вида – мюонни или тау-неутрина. Дългогодишният проблем със Слънчевите неутрина изглежда решен!

Но това не беше достатъчно, за да се уверим, че осцилации съществуват. От другата страна на глобуса, в неутринната лаборатория в Супер Камиоканде в Япония, се провежда друг неутринен експеримент – измерват се атмосферните неутрина, които също показват по независим начин, че неутрино осцилира. Негов ръководител е проф. Такааки Кадзита, който разделя Нобеловата награда с Артур МакДоналд.

Атмосферните неутрина се получават от взаимодействието на космичните лъчи с атмосферата на Земята. Раждат се два вида неутрина – мюонни и електронни, в съотношение приблизително 2:1. Измерванията, извършени в Япония през 1988 г. на детектора Камиоканде, дават неочакван резултат – голям дефицит на мюонни неутрина, т.е. броят на мюонните неутрина е много по-малък от очаквания, докато броят на електронните неутрина е в съгласие с очаквания.

Осцилациите на неутрино е възможно обяснение, но за да може със сигурност да говорим за осцилации, 10 години по-късно в същата лаборатория се прави много почувствителният експеримент Супер Камиоканде, в който броят електронни и мюонни неутрина се измерва в две противоположни посоки – измерват се неутрината, които попадат в детектора отгоре, и тези, които идват отдолу, след като са пропътували допълнителното разстояние през Земята. Когато говорим за неутрина трябва да не забравяме, че ако имат маса, то тя е изключително малка, затова, за да имат време да се превърнат от един вид в друг, те трябва да пропътуват достатъчно дълго разстояние. В Супер Камиоканде за неутрината, които идват отдолу, това разстояние е диаметърът на земното кълбо.

Тъй като неутрината в атмосферата са разпределени изотропно във всички посоки, а преминаването през Земята не е проблем за почти невзаимодействащото неутрино, то при отсъствие на осцилации броят неутрино отгоре и отдолу в детектора трябва да е един и същ. Още първите резултати от Супер Камиоканде обаче, докладвани 1998 г., показват различен резултат – мюонните неутрина, пристигащи отгоре, са два пъти повече от идващите отдолу. В същото време броят електронни неутрина отгоре и отдолу е еднакъв и се съгласува с очаквания. Естественото заключение е, че мюонните неутрина са се превърнали в тау-неутрина, които обаче не се регистрират от детектора на Супер Камиоканде.

Извършвани са и други експерименти, които регистрират осцилации, но тези два най-безспорно показват, че неутрино сменя вида си и следователно има маса. Затова те получават Нобеловата награда.

Масата на неутрино все още не е измерена директно, но груби оценки показват, че най-тежкото неутрино е около 10 000 000 пъти по-леко от електрона, най-леката известна частица, като изключим неутрино. Но въпреки че говорим за толкова малки маси, това откритие има огромно значение, тъй като неутрината са най-многобройните масивни частици във Вселената. Все още остава открит въпросът за природата на неутрино – защо неговата маса е толкова малка, има ли четвърти вид – стерилно неутрино и т.н. Тези и много други въпроси са важни, тъй като масата и природата на неутрино не представляват само академичен интерес, а са от решаващо значение при проблема за тъмната материя, при създаване на по-прецизни еволюционни сценарии за Вселената и други.

Откриване на ненулева маса на неутрино е първото наблюдавано отклонение от Стандартния модел. От друга страна, включване на неутринна маса в Стандартния модел е естествено и не изисква основно преразглеждане на Модела.

КАКВО ВСЕКИ ФИЗИК ТРЯБВА ДА ЗНАЕ ЗА СТРУННАТА ТЕОРИЯ

Едуард Уитен

Някои от римите на природата – появата на сходни структури в различни области на физиката – лежат в основата на способността на струнната теория да обединява гравитацията с другите сили на природата и да елиминира ултравиолетовите разходимости, които са унищожително препятствие за квантовата гравитация.

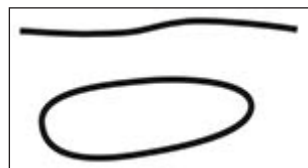
Струнната теория има репутацията на всяваща страх с математическия си апарат дори сред физиците теоретици. В действителност много от нейните съществени елементи могат да бъдат изложени просто. Целта на тази статия е да отговори на няколко основни въпроса. Как струнната теория обобщава стандартната квантова теория на полето? Защо струнната теория ни задължава да обединим теория на гравитацията с другите взаимодействия в природата, докато в рамките на стандартната теория на полето включването на гравитацията е толкова трудно? Защо в струнната теория няма ултравиолетови разходимости? И какво става с понятието пространство-време на Алберт Айнщайн?

Всеки, който е учил физика, знае, че макар физиката – както историята – точно не се повтаря, тя се римува чрез сходни структури, възникващи в различни области. Например гравитационните вълни на Айнщайн са аналогични на електромагнитните вълни или на вълните на повърхността на водния басейн. Ще започна с една от римите на природата – аналогията между квантовата гравитация и теорията на една частица.

Въпреки че все още нямаме теория на квантовата гравитация, в такава теория би следвало поне от макроскопична гледна точка в квантовомеханичен смисъл да усредняваме по всички възможни геометрии на пространство-времето. (Ние не знаем до каква степен такова описание е валидно на микроскопично ниво.) Усредняването се извършва, в най-простия случай, с тегло $\exp(iI/\hbar)$, където I е действието на Айнщайн-Хилберт:

$$I = \frac{1}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{g} (R - 2\Lambda).$$

Тук G е константата на Нютон, g е детерминантата на метричния тензор, R е скаларната кривина, Λ е космологичната константа, и d^4x е обемният елемент на пространство-времето. Бихме могли да добавим полета на материята, но в момента не се нуждаем от това.



Нека се опитаме да разгледаме пространство-време с размерност, равна на 1, вместо на 4. Изборът на едномерни многообразия е доста ограничен.

Освен това скаларната кривина R е тъждествено равна на нула за едномерни многообразия и единственият принос

в действието на Айнщайн-Хилберт е от космологичната константа. Обаче идеите на Айнщайн не се ограничават до спецификата на действието, те се разпростират върху възможността динамиката на пространство-времето да води до промяна на геометрията му, като природните закони остават инвариантни при произволни дифеоморфизми (координатни преобразувания) на пространство-времето. Прилагайки тези фундаментални идеи, ще построим нетривиална квантова гравитация за едномерно пространство-време, след като добавим и полета на материята.

Добавяне на материя

Най-простите материални полета са скаларните: X^I , $I = 1, \dots, D$. Стандартното релативистки инвариантно действие за скаларни полета е:

$$I = \int dt \sqrt{g} \left[\frac{1}{2} g^{tt} \sum_{I=1}^D \left(\frac{dX^I}{dt} \right)^2 - \frac{1}{2} m^2 \right],$$

където g^{tt} е 1×1 метричен тензор (в случая – функция на времето) и Λ -членът е заменен с $\frac{1}{2} m^2$.

Нека да въведем каноничния импулс $P_I = \frac{dX^I}{dt}$. Уравнението на Айнщайн, което е уравнение за движение, получено при вариране на действието I относно g^{tt} , е:

$$g^{tt} \sum_{I=1}^D P_I^2 + m^2 = 0.$$

Избираме калибровката $g^{tt} = 1$, в която горното уравнение за движение става: $P^2 + m^2 = 0$, $P^2 = \sum_{I=1}^D P_I^2$. В квантовата механика (след като сме положили $\hbar = 1$) каноничният импулс става диференциален оператор $P_I = -i\partial/\partial X^I$, а уравнението $P^2 + m^2 = 0$ – уравнение за вълновата функция $\Psi(X)$:

$$\left(\sum_{I=1}^D \frac{\partial^2}{\partial X_I^2} + m^2 \right) \psi(X) = 0.$$

Тук аргументът X на вълновата функция е означение за набора $\{X^I\}$, X^I , $I = 1, \dots, D$. Това е известното релативистко уравнение на Клайн-Гордон в размерност на пространство-времето, равна на D , но времевата и пространствените координати са неотличими, тъй като сигнатурата е евклидова. За да получим смислена физическа интерпретация следва да променим знака на кинетичната енергия на едно от полетата X^I , след което действието придобива вида:

$$I = \int dt \sqrt{g} \left\{ \frac{1}{2} g^{tt} \left[- \left(\frac{dX_0}{dt} \right)^2 + \sum_{i=1}^{D-1} \left(\frac{dX_i}{dt} \right)^2 \right] - \frac{1}{2} m^2 \right\}.$$

Сега вълновата функция удовлетворява уравнението на Клайн-Гордон с лоренцова сигнатура:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial X_0^2} - \sum_{i=1}^{D-1} \frac{\partial^2}{\partial X_i^2} + m^2 \right) \psi(X) = 0.$$

По този начин намерихме точно решема теория на едномерна (квантова) гравитация, описваща (квантова) частица с маса m и спин 0 и пропагираща в D -мерно пространство на Минковски. Сега можем да заменим пространството на Минковски с произволно D -мерно риманово многообразие с метрика G^{IJ} с лоренцова (или евклидова) сигнатура, при което действието приема вида:

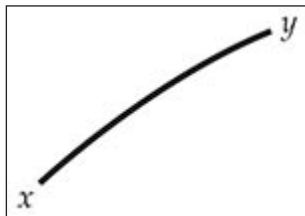
$$I = \int dt \sqrt{g} \left(\frac{1}{2} g^{tt} G_{IJ} \frac{dX^I}{dt} \frac{dX^J}{dt} - \frac{1}{2} m^2 \right)$$

Оттук нататък сумирането по повтарящи се индекси се подразбира. Сега, в изкривено пространство-време, вълновата функция удовлетворява уравнението:

$$\left(-G^{IJ} \frac{D}{dX^I} \frac{D}{dX^J} + m^2 \right) \psi(X) = 0,$$

където с D сме означили ковариантната производна върху многообразието на пространство-времето.

За да боравим с по-познати неща, нека се върнем към случая с плоско пространство-време (аз ще работя с евклидова сигнатура с цел да избегна отчитане на фактора i там, където той присъства при лоренцовата сигнатура). Нека да пресметнем амплитудата на вероятността една частица да започне движението си в точката x на пространство-времето и да го завърши в точката y . За тази цел трябва да пресметнем Файнмановия интеграл по траектории за нашия модел на квантова гравитация. Интегралът по траектории трябва да се пресметне за всички метрики $g(t)$ и скаларни полета $X^I(t)$ върху едномерното многообразие, като налагаме условията $X^I(t)$ да е равно на x в единия край на траекториите и на y – в другия им край.



Част от процеса на пресмятане на интеграла по траектории в нашия модел на квантова гравитация включва интегриране по всички метрики на едномерното многообразие по модул дифеоморфизмите. Но с точност до дифеоморфизъм едномерното многообразие има само един инвариант – своята дължина τ , която ще интерпретираме като собствено време. В избраната калибровка $g^{tt} = 1$ всяко едномерно многообразие с дължина τ се описва с един параметър t , който може да взема стойности в интервала $0 \leq t \leq \tau$. Сега ние трябва да интегрираме по всички траектории $X(t)$, които започват в точката x при $t = 0$ и завършват в точката y при $t = \tau$. Това е известният Файнманов интеграл по траектории в квантовата механика с хамилтониан $H = \frac{1}{2}(p^2 + m^2)$. Резултатът за този интеграл е матричният елемент на оператора на еволюцията $\exp(-\tau H)$:

$$G(x, y; \tau) = \int \frac{d^D p}{(2\pi)^D} \exp[ip \cdot (y - x)] \exp\left[-\frac{\tau}{2}(p^2 + m^2)\right].$$

Извършването на гравитационната част от интеграла по траектории в настоящия контекст се свежда до интегриране по τ . Интегралът по τ дава окончателния резултат:

$$G(x, y) = \int_0^\infty d\tau G(x, y; \tau) = \int \frac{d^D p}{(2\pi)^D} \exp[ip \cdot (y - x)] \frac{2}{p^2 + m^2}$$

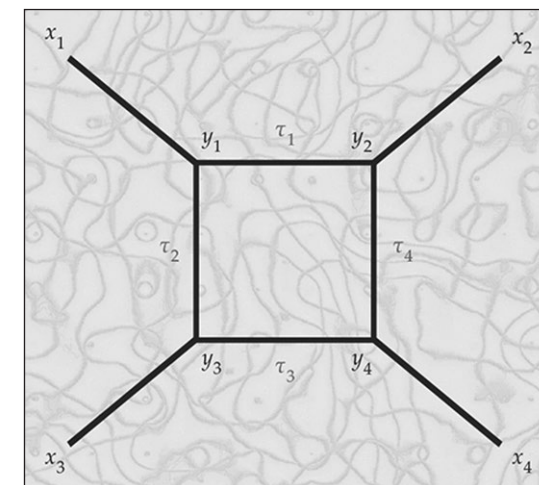
$$G(x, y) = \int_0^\infty d\tau G(x, y; \tau) = \int \frac{d^D p}{(2\pi)^D} \exp[ip \cdot (y - x)] \frac{2}{p^2 + m^2}.$$

Тази формула отчита интегрирането по всички метрики $g(t)$ и по всички траектории $X(t)$ със зададени начална и крайна точки по модул групата на дифеоморфизмите на нашия модел на квантова гравитация.

Функцията $G(x, y)$ е стандартният Файнманов пропагатор в многообразие с евклидова сигнатура. Аналогично пресмятане в случая на лоренцова сигнатура (както на многообразието M на пространство-времето, така и на мировата линия на частицата) дава правилния резултат за Файнмановия пропагатор при лоренцова сигнатура.

По този начин ние успяхме да интерпретираме свободна частица в D -мерно пространство-време в термини на едномерна квантова гравитация. Как да включим взаимодействия? За това има напълно естествен начин. Действително, няма голям избор на гладки едномерни многообразия, но има огромен брой едномерни многообразия, зададени с диаграми (графи), като изобразеното на фигура 1. Моделът на нашата едномерна квантова гравитация се обобщава по естествен начин за такъв граф – просто разглеждаме старото действие върху всеки отделен линеен сегмент, сумираме по отделните сегменти на графа и дефинираме сумата като действие I за взаимодействащата система.

За да пресметнем интеграла по траектории за квантовата гравитация в този случай, трябва да интегрираме по всички метрики, дефинирани за графа,



Фигура 1. Граф с тривалентни върхове (вертекси). При пресмятане на интеграла по траектории позициите на четирите външни частици $x_1, \dots, x_4$ са фиксирани и интегралът е по всичко останало. Като първа стъпка фиксираме позициите на вертексите $y_1, \dots, y_4$. Тази Файнманова диаграма може да генерира ултравиолетови разходимости в границата, когато всички собствени времена $\tau_1, \dots, \tau_4$ в линиите на квадрата клонят към нула.

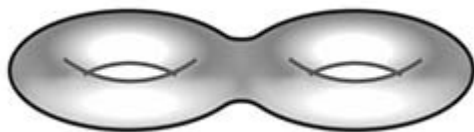
с точност до дифеоморфизми. Единствените инварианти са дължините на линиите (собственото време на частицата, която пропагира по тази линия). Вътрешните линии на фигура 1 са номерирани със своите дължини (собствени времена) τ_i .

При пресмятане на интеграла по траектории позициите на четирите външни частици $x_1, \dots, x_4$ са фиксирани и интегрираме по всички τ_i и по всички траектории на частиците с крайни точки – крайните точки на линиите. За тази цел е удобно първо да фиксираме позициите $y_1, \dots, y_4$ на вертексите в диаграмата, което означава, че всички крайни точки на сегментите са фиксирани и пресмятането за всеки сегмент се свежда до случая за свободна частица, който разгледахме по-горе – той дава Файнмановия пропагатор. Остава ни да интегрираме по $y_1, \dots, y_4$, от което следва съхранение на импулсите във всеки вертекс. Така стигаме до Файнмановите правила за пресмятане на амплитудата, съответстваща на Файнмановата диаграма – на всяка линия съответства Файнманов пропагатор и интегриране по всички импулси, които във всеки вертекс удовлетворяват закон за запазване (сумата от всички импулси, влизащи в този вертекс е равна на нула).

По-съвършена рима

Ние достигнахме до една от римите на природата – ако имитираме в пространство с размерност 1 това, което очакваме да се случва с квантовата гравитация в пространство с 4 размерности, получаваме нещо много важно за физиката, а именно, обичайната квантова теория на полето в изкривено пространство-време. В нашия пример на фигура 1 квантовата теория на полето е скаларната ϕ^3 -теория поради определения вид материя, който избрахме, и защото нашият граф имаше само кубични вертекси. Квартични (четиривалентни) вертекси биха възпроизвели ϕ^4 -теория, а стартиране с друга материална система би възпроизвело полета с различни спинове. В този смисъл много или може би всички квантово-полевии теории могат да се получат от едномерна квантова гравитация.

В действителност много по-съвършена рима се получава, ако повторим процедурата в размерност 2, т.е. за струна, вместо за частица. Веднага получаваме нещо ново – двумерното многообразие може вече да не е плоско:



Друго отличие е, че не всички метрики са локално еквивалентни при преобразувания от групата на дифеоморфизмите. Всяка такава метрика се задава със симетрична 2×2 матрица, конструирана от 3 функции на координатите:

$$g_{ab} = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{pmatrix}, \quad g_{21} = g_{12}$$

Трансформация на двете координати σ^1, σ^2 , зададена с:

$$\sigma^a \rightarrow \sigma^a + h^a(\sigma), \quad a = 1, 2,$$

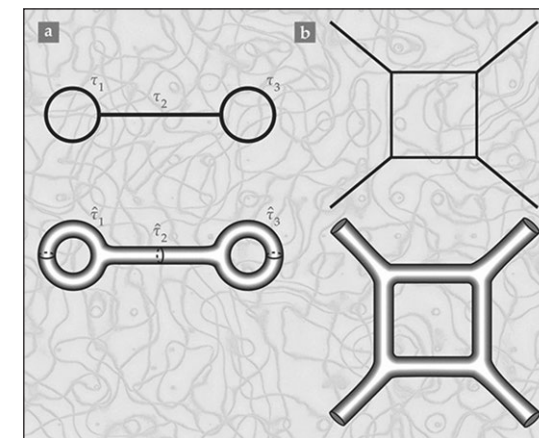
може да фиксира само 2 от функциите g_{ab} , като скаларната кривина остава инвариантна. Всички тези усложнения подсказват, че интегралът по двумерните метрики вече няма много да прилича на интеграла, който получихме в едномерния случай. Сега забелязваме следното: естественият аналог на действието, което използвахме в размерност 1, е действие за скаларни полета, дефинирани върху двумерно многообразие Σ със значения в D-мерно многообразие и инвариантно относно двумерни дифеоморфизми:

$$I = \int d^2 \sigma \sqrt{g} g^{ab} G_{IJ} \frac{\partial X^I}{\partial \sigma^a} \frac{\partial X^J}{\partial \sigma^b}.$$

Това действие е конформно-инвариантно, т.е. то е инвариантно относно Вайлови преобразувания на метриката $g_{ab} \rightarrow e^{2\phi} g_{ab}$ за всяка реална функция ϕ върху Σ . Това е вярно само в размерност 2 (и само ако няма космологична константа Λ , поради което изпускаме този член). Условието за Вайлова инвариантност и за инвариантност относно дифеоморфизми са достатъчни да направят всяка метрика g_{ab} върху Σ локално тривиална (локално еквивалентна на δ_{ab}), подобно на ситуацията, която разгледахме по-горе за едномерни многообразия.

Сега ще приложим знания от много красива математика от 19-и век. Двумерно многообразие, чиято метрика е зададена с точност до Вайлова трансформация, се нарича риманова повърхност. Както в едномерния случай, римановото многообразие може да се характеризира с краен брой параметри, с точност до дифеоморфизми. Има обаче 2 съществени разлики с едномерния случай: параметрите сега са комплексни числа и областта на значенията им е такава, че няма място за ултравиолетови разходимости. Ще се върнем на този въпрос по-късно.

Нека първо сравним значенията на параметрите, описващи едномерните и двумерните многообразия. Метриката върху Файнмановия граф на фиг. 2а зависи от три реални дължини или собствени времена – τ_1, τ_2 , и τ_3 , с точност до дифеоморфизъм. Ако „удебелим”



Фигура 2. От линии към тръби. (а)

Файнманова диаграма с параметри на собственото време τ_1, τ_2 и τ_3 (горе вляво) може да бъде превърната в съответната ѝ риманова повърхност (долу вляво), като се удебелят всички линии на графа до тръби, които се съединяват гладко. Римановата повърхност се параметризира, с точност до Вайлова трансформация и дифеоморфизъм, с 3 комплексни параметри $\hat{\tau}_1, \hat{\tau}_2$ и $\hat{\tau}_3$. (б) Същата процедура превръща еднопримковата Файнманова диаграма (горе вдясно) в съответния ѝ аналог в струнната теория (долу вдясно).

графа, така че той да се превърне в двумерно многообразие, както подсказва фигурата, метриката на двумерното многообразие вече зависи от три комплексни параметри, $\hat{t}_1, \hat{t}_2$ и $\hat{t}_3$, с точност до Вайлова трансформация и дифеоморфизъм. Фигура 2b дава друга илюстрация на релацията между Файнмановия граф и съответната му риманова повърхност.

Ние използвахме едномерната квантова гравитация, за да опишем квантова теория на полето евентуално в криво пространство-време, но не описахме самата квантова гравитация в пространство-времето. Причината, че при нашата конструкция не получихме описание на квантовата гравитация в пространство-времето е, че няма съответствие между оператори и състояния в квантовата механика. Ние разгледахме едномерна квантова механика с действие

$$I = \int dt \sqrt{g} \left(\frac{1}{2} g^{tt} G_{IJ} \frac{dX^I}{dt} \frac{dX^J}{dt} - \frac{1}{2} m^2 \right).$$

Външните състояния на Файнмановата диаграма се оказаха състояния в квантовата механика. На деформация на пространствено-временната метрика обаче съответства оператор, а не състояние – когато изменим пространствено-временната метрика G^{IJ} с δG^{IJ} , действието се изменя $I \rightarrow I + \int dt \sqrt{g} \mathcal{O}$, където

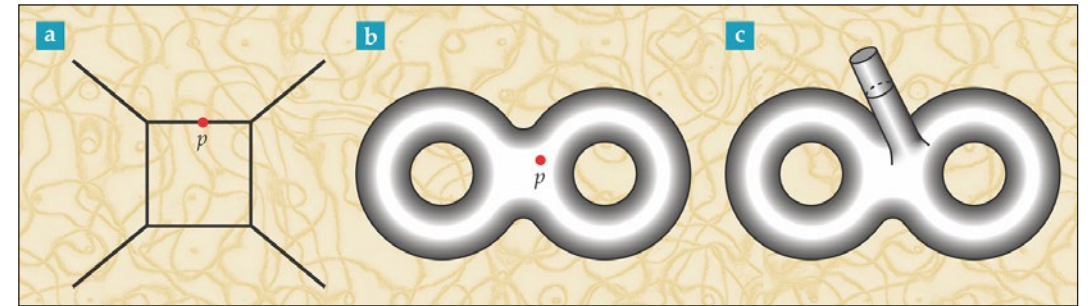
$$\mathcal{O} = \frac{1}{2} g^{tt} \delta G^{IJ} \frac{dX^I}{dt} \frac{dX^J}{dt}$$

е операторът, който кодира инфинитезималната промяна на пространствено-временната метрика. За да отчетем технически ефекта на пертурбацията трябва да включим в интеграла по траектории фактора $\delta I = \int dt \sqrt{g} \mathcal{O}$ и да интегрираме по всички точки, в които е вставен операторът $\mathcal{O}$.

На всеки край на външна линия на Файнмановата диаграма съответства състояние. Операторът $\mathcal{O}$, като този, който описва пертурбациите на пространствено-временната метрика, съответства на вътрешни точки в диаграмата, както е показано на фигура 3a. Тъй като състоянията съответстват на външни точки на диаграмата, а операторите се вставят във вътрешни, изобщо няма проста релация между оператори и състояния.

В конформната теория на полето обаче съществува съответствие между състояния и оператори. Операторът $\mathcal{O} = \frac{1}{2} g^{tt} \delta G^{IJ} \frac{dX^I}{dt} \frac{dX^J}{dt}$, който описва флуктуациите на пространствено-временната метрика, автоматично съответства на състояние в квантовата механика. Ето защо тази теория представлява теория на квантова гравитация в пространство-времето.

Съответствието между оператори и състояния възниква от съотношението, датиращо от 19 век, между две описания, които са конформно еквивалентни. На фигура 3b е изобразено двумерно многообразие Σ с маркирана точка, в която е вставен



Фигура 3. Състояния и оператори. (a) Деформация на пространствено-временната метрика съответства на вставяне на оператор $\mathcal{O}$ в някоя вътрешна точка p на Файнмановата диаграма. Противоположно на това, квантово-механичното състояние съответства на външна точка (край) на ориентирана навън линия на диаграмата. (b) Вставка на оператор върху риманова повърхност. (c) Ако отбелязаната точка в пункт (b) се отстрани, получената риманова повърхност е конформно еквивалентна на такава с ориентирана навън тръба, аналогична на външна линия на Файнманова диаграма. Операторът, който беше вставен в точката p , се превръща в квантово състояние на струна, която пропагира върху тръбата.

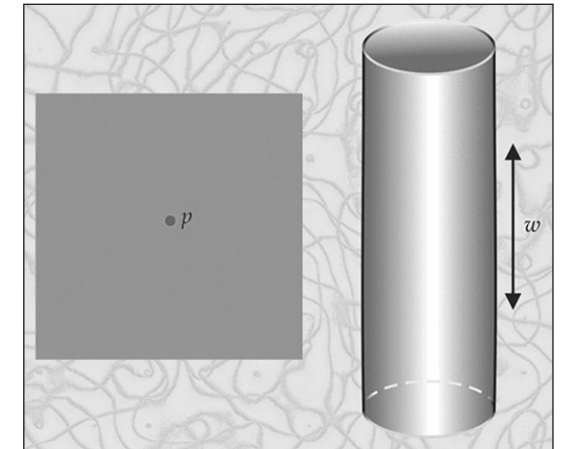
оператор $\mathcal{O}$. На фигура 3c точката p е отстранена (избита) от Σ и посредством Вайлова трансформация на метриката малката околност на точката p е превърната в (полу) безкрайна тръба. Тръбата е аналог на външна линия на Файнманова диаграма, като в този случай на края ѝ се вставя квантово струнно състояние. Двете картини изобразяват съответствието между оператори и състояния.

За да разберем Вайловата трансформация, свързваща двете картини, нека да разгледаме метриката върху равнината (фигура 4) в полярни координати:

$$ds^2 = dr^2 + r^2 d\varphi^2$$

Нека вставим оператор в точката $r = 0$. Сега да премахнем тази точка и да направим Вайлова трансформация, като умножим ds^2 с $1/r^2$. Новата (Вайл-преобразувана) метрика има вида

$$(ds')^2 = \frac{1}{r^2} dr^2 + d\varphi^2$$



Фигура 4. Равнината $\mathbb{R}^2$. Когато маркирана точка p се премахне, полученото многообразие е еквивалентно посредством Вайлова трансформация на цилиндър с плоска метрика. Вертикалната координата на цилиндъра е означена с w и точката p съответства на долния край на цилиндъра за $w = -\infty$.

В термини на $w = \log r$, $-\infty < w < \infty$, новата метрика е:

$$(ds')^2 = dw^2 + d\varphi^2$$

Тази метрика описва цилиндър. Точката $r = 0$ в едната картина съответства на $w \rightarrow -\infty$ на края на цилиндъра. Интерпретацията с вставяне на оператор в точката $r = 0$ в едната картина (в равнината), в другата картина (върху цилиндъра) се интерпретира като квантово състояние на струна, пропагираща от $w = -\infty$.

Така струнната теория описва квантова гравитация в пространство-времето. Едновременно с квантовата гравитация струнната теория описва различни частици и сили в пространство-времето. Различните частици и сили съответстват на други оператори в конформната теория на полето на струната – освен оператора O , свързан с флуктуациите на пространствено-временната геометрия, или еквивалентно, на други квантови състояния на струната. Съответствието между оператори и състояния, което дава възможност да описваме квантовата гравитация в пространство-времето, намира приложение в някои области на статистическата механика и теория на кондензираните среди. Това ни задава друга рима на природата.

Отсъствие на ултравиолетови разходимости

Следващата стъпка е да обясним защо тази теория няма ултравиолетови разходимости, за разлика от квантуването на гравитационното действие на Айнщайн-Хилберт по стандартните правила на квантовата теория на полето (бел. прев. – по теория на пертурбациите по константа на Нютон). Когато прилагаме тези правила, срещаме непреодолими ултравиолетови разходимости. Последните са забелязани още през 30-те години на миналия век. По това време все още не е било напълно ясно, че проблемът е специфичен за гравитацията, тъй като неприятните ултравиолетови разходимости възникват и при другите сили между частиците, винаги щом последните се изучават в рамките на релативистката теория на полето. Впоследствие, след като с утвърждаването на стандартния модел на елементарните частици през 70-те години трудностите с ултравиолетовите разходимости са преодолені за всички сили, освен гравитационните, става ясно, че проблемите в гравитацията са сериозни.

За да разберем защо няма ултравиолетови разходимости в струнната теория първо трябва да зададем въпроса защо в квантовата теория на полето възникват ултравиолетови разходимости? Те възникват, когато в еднопримкова диаграма всички собствени времена едновременно се анулират. Така, в примера на фигура 1 ултравиолетови разходимости могат да възникнат, когато всички τ_1, τ_2, τ_3 и τ_4 едновременно стават 0.

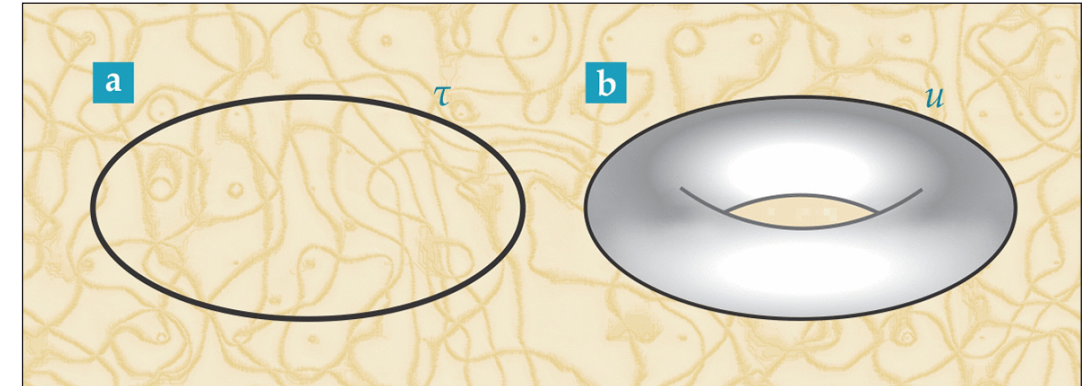
Римановата повърхност се характеризира с комплексни параметри, които са аналози на параметрите на собственото време на Файнмановата диаграма (фигура 2). Причината за отсъствие на ултравиолетови разходимости в струнната теория е една важна разлика. Областта на значенията на параметрите на собственото време τ_i на Файнмановата диаграма е $0 \leq \tau_i \leq \infty$. За разлика от тях, параметрите на римановата

повърхност $\hat{\tau}_i$ не могат да стават 0. От всяка Файнманова диаграма можем да получим съответната ѝ риманова повърхност само при условие, че значенията на параметрите $\hat{\tau}_i$ не са твърде малки. Областта от значения на параметрите, в която възникват ултравиолетовите разходимости в квантовата теория на полето просто отсъства за параметрите на струнната теория.

Вместо да представим общите доказателства, ще покажем как процедурата работи в частния случай на една примка за члена с космологична константа. Файнмановата диаграма е окръжност (фигура 5а) с единствен параметър на собствено време τ . Резултатът за космологичната константа в една примка е:

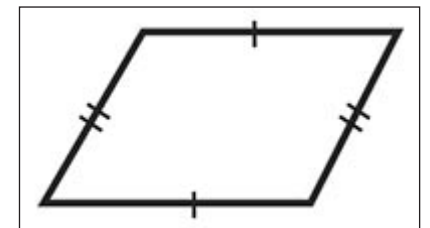
$$\Lambda_1 = \frac{1}{2} \int_0^\infty \frac{d\tau}{\tau} \text{Tr} \exp(-\tau H),$$

където $H = \frac{1}{2}(P^2 + m^2)$ е хамилтонианът на частицата. Интегралът е разходящ при $\tau = 0$. Разходимостта е дори по-лоша, отколкото изглежда, поради интегрирането по импулса, което влиза в дефиницията на операцията Tr (следа на оператор).

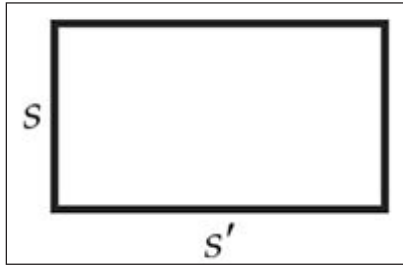


Фигура 5. Еднопримкова космологична константа. (а) В квантовата теория на полето тази Файнманова диаграма с единствен параметър на собствено време τ дава еднопримковата космологична константа. (б) Съответната ѝ струнна диаграма е тор, зададен с параметъра u (имагинерната част на комплексния параметър $\hat{\tau}$ от фигура 2а), който (това е съществено) не може да става 0.

Еднопримковата квантовополева Файнманова диаграма в струнната теория се заменя с тор в струнната теория (фигура 5б). През 19 век математиците доказаха, че всеки тор е коформно еквивалентен на успоредник в равнината, чиито две по две срещуположни страни са идентифицирани:



За да обясним идеята без да навлизаме в излишни технически подробности, вместо по-общите успоредници, ще се ограничим само с разглеждането на правоъгълници:



Означаваме височината и основата на правоъгълника съответно с s и s' . Само отношението s'/s е конформно инвариантно. Тъй като изборът на „височина“ и „основа“ е произволен, ние можем да ги разменим, т.е. да разменим s и s' , което съответства на $u \leftrightarrow 1/u$. Така можем без ограничение на общността да считаме, че $s' \geq s$, и следователно, u се изменя в интервала $1 \leq u < \infty$.

Собственото време τ на частицата съответства на параметъра u в струнната теория. Има една съществена разлика – при частицата $0 \leq \tau < \infty$, докато при струната $1 \leq u < \infty$. По този начин в приближението, в което разглеждаме само правоъгълници, вместо успоредници, еднопримковата космологическа константа в струнната теория е:

$$\Lambda_1 = \frac{1}{2} \int_1^\infty \frac{du}{u} \text{Tr} \exp(-uH)$$

Ултравиолетови разходимости няма, защото долната граница на интеграла е 1, вместо 0. По-пълнен анализ, включващ всички успоредници, измества долната граница на u от 1 до $\sqrt{3}/2$.

Разглеждахме частен случай, но заключението остава вярно и за общия. Струнните формули обобщават формулите на квантовата теория на полето, но без да включват приноса от областта, водеща в квантовополевата теория до ултравиолетови разходимости. В инфрачервената област ($\tau \rightarrow \infty$ или $u \rightarrow \infty$) струнната теория успешно имитира квантовополевата и двете теории имат сходни прогнози за поведението при ниски енергии или еквивалентно, при големи разстояния и времена.

Възникващо пространство-време

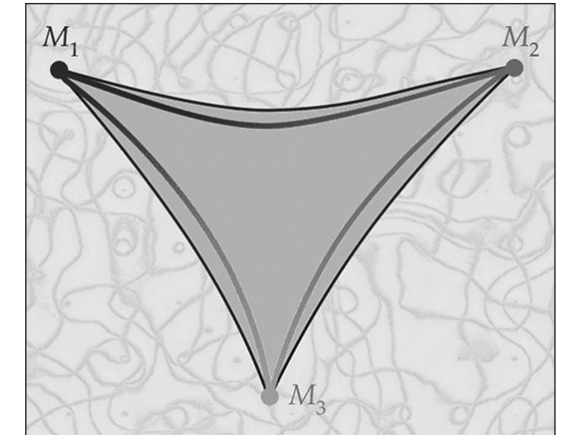
Моята последна цел тук е да обясня, поне частично, в какъв смисъл пространство-времето възниква от нещо по-дълбоко, ако струнната теория е правилна. Нека се спрем на следния факт: пространство-времето M със своя метричен тензор $G_{IJ}(X)$ беше кодирано като информация, която ни даде възможност да построим определена двумерна конформна теория на полето. Това беше единственият начин, чрез който пространство-времето се появи в нашата теория.

Ние бихме могли да използваме друга конформна теория на полето (която трябва да удовлетворява определени общи условия, които за краткост няма да излагам). Ако $G_{IJ}(X)$ се мени бавно (ако радиусът на кривината е навсякъде голям), лагранжианът, описващ двумерната конформна теория, е слабо свързан с пространство-времето и е полезен за нашите разсъждения. В този случай струнната теория добре описва познатата ни физика. В тази ситуация бихме могли да кажем, че теорията в квазикласическа граница има интерпретация в термини на струни в пространство-времето – и при ниски енергии ще се сведе до интерпретация в термините на частици и полета в пространство-времето.

Извън квазикласическата граница, или еквивалентно, извън границата на слаба връзка, този лагранжиан не е вече така полезен и теорията няма определена интерпретация в термини на струни в пространство-време. Потенциалната невъзможност в този случай теорията да се интерпретира в термини на струни в пространство-време има много неклассически следствия, като например възможност за непрекъснати преходи от едно пространствено-времево многообразие към друго; друг неклассически ефект е, че някои видове сингулярности в класическата теория на гравитацията (без сингулярностите на черните дупки) съответстват на гладки и напълно добре дефинирани ситуации в струнната картина. Такъв пример на неклассическо поведение на струнната теория е скициран на фигура 6.

В общия случай в струнната теория няма определено пространство-време, но такава интерпретация може да възникне в подходяща граница по същия начин, както класическата механика се явява като граница на квантовата механика. От тази гледна точка пространство-времето възниква от, както изглежда, по-фундаменталното понятие „двумерна конформна полева теория“.

Аз не дадох пълно обяснение на смисъла, в който пространство-времето възниква от нещо по-дълбоко в контекста на струнната теория. Има напълно различна страна на този смисъл, оставаща извън обсега на тази статия, която включва квантовата механика и дуалността между калибровъчните теории и гравитацията. (Виж статията на Игор Клебанов и Хуан Малдасена, *Physics Today*, January 2009, page 28). Това, което представих тук, е наистина една важна и относително добре разбрана част от пъзела. Тя представлява разбиране, макар непълно, как понятието за пространство-време на Айнщайн може да възникне от нещо по-дълбоко, поради което аз се надявам, че представлява интерес в тази стогодишнина от създаването на теорията на гравитацията.



Фигура 6. Схематично представяне на семейство от двумерни конформни полеви теории (сивият участък, ограничен от черни линии), зависещи от два параметъра. За някои стойности на параметрите теориите имат квазикласическа интерпретация в термини на струни, разпространяващи се в пространство-време M_1 , M_2 или M_3 . В общия случай няма такава интерпретация. Има обаче непрекъснат преход от едно възможно класическо пространство-време към друго.

Допълнителни източници:

1. B. Zwiebach, A First Course in String Theory, 2nd ed., Cambridge U. Press (2009).
2. J. Polchinski, String Theory, Volume 1: An Introduction to the Bosonic String, Cambridge U. Press (2005).
3. M. B. Green, J. S. Schwarz, E. Witten, Superstring Theory, Volume 1: Introduction, Cambridge U. Press (1987).

Превод от английски: **Светлана Пачева**



Едуард Уитен е Charles Simonyi професор по математическа физика в Института за висши изследвания в Принстън, Ню Джърси, САЩ, лауреат на Филдсов медал (еквивалент на Нобелова награда по математика).

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

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

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

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

София

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

Варна

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

КВАНТОВО ПРЕПЛИТАНЕ

Иван Тодоров
Людмил Хаджииванов

Дискусията между Айнщайн и Бор около въпроса „Може ли квантово-механичното описание на физическата реалност да се разглежда като пълно?“ дълго време се игнорира от младите активни физици като метафизична, нямаща отношение към живата физика. Трябва да минат близо четири десетилетия от началото на тези спорове и са нужни приносите на немодни физици (посрещани първоначално със скептицизъм) преди да се стигне до опити, потвърждаващи удивителните свойства на квантовия свят и водещи до възникването на ново научно направление.

Читателите, готови да се задоволят с общ поглед върху историята, могат да пропуснат пасажите между знаците ◀ и ▶, чието разбиране изисква повече познания и по-голямо усилие.

1. Увод

Спорът между Хюйгенс и Нютон дали светлината е движение на вълни или на частици се смята решен в полза на вълновата теория след опитите по интерференция на светлината на английския физик (и медик-философ-египтолог...) Томас Ъънг през 1803. Когато през 1905 Алберт Айнщайн (1879-1955) – 26-годишен служител от патентното бюро в Берн, предлага „евристична теория“, която възражда Нютоновата идея за частици на светлината (осъвременена с позоваване на квантите на Планк от 1900), никой не го взима насериозно: нито Планк, нито Миликен, който се удивлява, че неговите опити потвърждават формулите на младия автор. Нилс Бор (1885-1962), по това време 20-годишен студент по физика в Копенхаген, най-дълго ще опонира на тази идея. Прочул се със знаменитата трилогия от 1913 за структурата на атома, след войната Бор има вече свой институт по теоретична физика в Копенхаген. Айнщайн и той получават Нобелови награди по физика един след друг: Айнщайн, през 1921 – за фотоефекта; Бор, 1922 – за модела на атома. Една от паметните прояви на Бор след това признание е неговата работа (с Крамерс и Слатер): отчаян (безуспешен) опит да спаси – въпреки опитите на Миликен – светлинните вълни – с цената на допускането, че законът за запазване на енергията е в сила само средно статистически и може да се нарушава при отделни атомни взаимодействия.

Идеите на Планк и Айнщайн за кванта на светлината, на Бор за скокообразните преходи на електрона от една атомна орбита в друга, на де Бройл – че не само светлинните вълни „носят“ частици, но и реципрочно, електроните имат свойства на вълни – тези идеи не се вписват в единна логична система. Но ето, през юни 1925 23-годишният Вернер Хайзенберг получава озарение, на което сам не може да повярва. То отприщва в близките месеци поток от работи на предимно млади теоретици, които изграждат основите на квантовата механика.

Говори се за две революции във физиката в началото на XX век: за създаването на теорията на относителността и на квантовата механика. Но между тях има качествена разлика. Айнщайновата теория запазва духа на класическата наука. Тя разпространява принципа за близкодействие от електродинамиката на Максвел върху цялата физика – като закон за локална причинност. Механиката на Нютон остава в сила при скорости, малки спрямо скоростта на светлината (и при слаби гравитационни полета, каквито наблюдаваме в Слънчевата система). Атомите, от друга страна, които съгласно опитите на Ръдърфорд се състоят от положително заредено ядро и обикалящи около него отрицателни електрони, просто не биха могли да съществуват по законите на класическата физика: електроните биха излъчвали енергия и падали върху ядрото. Квантовата механика не само обяснява атомните явления, тя поставя ограничения на въпросите, които може да задаваме на природата и оттам на принципа за причинност.

2. Вероятностна интерпретация. Съотношения за неопределеност

Айнщайн, творецът, разбира това, което сам е създал. Матричната механика му е чужда, а вероятностите на Макс Борн и „копенхагенската интерпретация“ предизвикват у него протест. По неговите думи: Трудно е да се надикне в картите на Бога. Но че той хвърля зарове и използва телепатични методи (както квантовата теория предписва) е нещо, което не мога да допусна нито за миг (цитирано по [М]). (Казват, че реакцията на Бор на подобно изказване била: „Престани да учиш Бога какво да прави!“.) Дебатите между Айнщайн и Бор по време на Солвеевските конгреси през 1927 и 1930 са достойни за песните на Омир. Какво значи „вълна-частица“? Как да разбираме, че фотоните интерферират – минават едновременно през два процепа? Както признава Файнман десетилетия по-късно в своите прочути лекции по физика, такива въпроси нямат отговор – и по-добре да не се задават. Всъщност, квантовата механика ни учи, че някои въпроси за поведението на микрочастиците просто нямат смисъл. Прословутото съотношение на Хайзенберг твърди, че произведението $\Delta p \cdot \Delta x$ на „неопределеностите“ – т.е. на грешките при измерване – на положението x и импулса (количеството на движение) p на частица е винаги по-голямо от определена положителна величина (равна на $\frac{1}{2}$ от редуцираната константа на Планк $\hbar$). Айнщайн се опитва да опровергае това ограничение с помощта на хитроумни мислени опити, но Бор всеки път, макар и не без усилие, го убеждава, че не е прав.

◀ Хайзенберг предлага своето съотношение (1927), като анализира неизбежната промяна в процеса на измерване на параметрите на микрочастицата. Вайл (математик от предното поколение, 1885-1955) ги извежда от формализма на квантовата механика (1928), като уточнява, че става дума не за възможната грешка при отделно измерване, а за дисперсията – средното квадратично отклонение от очакваната (средна) стойност). Робертсън (1929) и Шрьодингер¹ (1930) обобщават резултата за произволни некомутиращи наблюдаеми (т.е. двойки наблюдаеми, резултатът от

¹ Erwin Schrödinger (1887-1961) е най-възрастният от създателите на квантовата механика.

измерването на които зависи от реда, в който ги мерим). Обобщението се основава на простото неравенство за дисперсиите σ (за основните понятия на квантовата механика виж раздел 4):

$$\sigma_A^2 \sigma_B^2 := \langle \Phi_A | \Phi_A \rangle \langle \Phi_B | \Phi_B \rangle \geq | \langle \Phi_A | \Phi_B \rangle |^2 ,$$

където $|\Phi_A\rangle := (A - \langle A \rangle) |\Psi\rangle$, а $\langle A \rangle = \langle \Psi | A | \Psi \rangle$ е средната стойност на оператора A в състоянието Ψ . Неравенството изразява елементарния геометричен факт, че скаларното произведение на два вектора не надминава произведението на техните дължини (то е обобщено от Коши и Шварц за безкрайномерно хилбертово пространство). Квадратът на модула на комплексното число $\langle \Phi_A | \Phi_B \rangle$ е равен на сумата от квадратите на неговите реална и имагинерна части; от своя страна, имагинерната част се изразява чрез комутатора на A и B :

$$(\text{Im } \langle \Phi_A | \Phi_B \rangle)^2 = \frac{1}{4} | \langle \Psi | [A, B] | \Psi \rangle |^2$$

Полученото неравенство дава релации за неопределеност между различни направления на спина на електрона (и на поляризацията на светлинните кванти) и открива реалистични възможности за точни проверки на теорията. Ще отбележим, че докато популярните аргументи на Хайзенберг се поставят под съмнение (напр. от L.A. Rozema et al., *Phys. Rev. Lett.* **23**, 2012), споменатите математични формулировки и изводите им са безупречни. ►

3. От Айнщайн-Подолски-Розен до Бел

През март 1935 Айнщайн, вече в Америка, предлага (заедно с Подолски и Розен) нещо ново. Авторите разглеждат двучастично състояние, в което центърът на масите е в покой. Импулсите и координатите на двете частици са строго корелирани: ако импулсът на първата частица е $p_1 = p$, то импулсът на втората ще е $p_2 = -p$. Разстоянието d между всяка от частиците и източника може да е произволно голямо; при това, ако x_1 и x_2 са координатите на двете частици по правата, която ги съединява, то ще е в сила равенството $x_2 = x_1 + 2d$ – т.е. ако измерим координатата на първата частица, x_1 , ще знаем автоматически и координатата на втората, x_2 . Съотношението за неопределеност ни позволява да измерим точно координатата или импулса на дадена частица, но не и двете едновременно. Смятайки, че измерването на координатата или на импулса на първата частица няма как да повлияе на далечната втора, Айнщайн, Подолски и Розен (АПР) заключават, че втората частица трябва да има определени както импулс, така и координата – независимо от това дали някой ги мери или не. Тъй като теорията не позволява те да се определят едновременно, АПР заключават, че квантовата механика е непълна.

Статията има два непосредствени отзвук, и двата идват от „старото“ поколение: Шрьодингер и Бор. Шрьодингер, публикувал своята работа през август 1935 в Кеймбридж (Англия), е също недоволен от копенхагенската интерпретация и съчувства на АПР. Той въвежда приетия днес термин квантово преплитане (entanglement).

Бор, напротив, е разтревожен; неговата колоритна реакция е запомнена от предания му сътрудник (от 1930 нататък) и последовател Леон Розенфелд (1904-1974) и преразказана от внука на Бор, Томас, също физик (виж [В] с. 102).

Когато се появява статията на АПР, Бор и Розенфелд работят над проблема за измерване на електричното и на магнитното поле в квантовата теория. По думите на Розенфелд: Нападението дойде като гръм от ясно небе... Щом Бор чу моето изложение на Айнщайновите аргументи, всичко друго беше изоставено: трябваше веднага да изясним недоразумението. Трябваше да отговорим като вземем същия пример и покажем правилното му третиране. В голямо възбуждение, Бор веднага започна да диктува резюме на отговора. Скоро обаче той се спря, явно разколебан. „Не, така няма да стане, трябва да почнем отначало... трябва да го направим напълно ясно...” В крайна сметка той прекъсна с познатото „ще трябва да преспя над него”. На другата сутрин Бор, щом дойде, възобнови диктовката, но аз бях поразен от промяната в тона: нямаше и следа от острите изрази на несъгласие от предния ден. Когато му обърнах внимание на това, Бор се усмихна: „това е знак, че сме започнали да разбираме проблема”. Неговият отговор беше: да, природата е наистина странна. Квантовите предсказания са самосъгласувани, но трябва да сме много внимателни какво наричаме „физическа реалност”.

Отговорът на Бор излиза четири месеца след статията на АПР пак във *Physical Review* и под същото заглавие: Може ли квантово-механичното описание на физическата реалност да се разглежда като пълно? Бор напомня, че човек трябва да избере дали да мери къде точно е първата частица или с каква скорост се движи и в зависимост от това ще знае координатата или импулса на втората, но не и двете. Той използва случая, за да формулира още веднъж грижливо своя принцип за допълнителност и говори за „необходимостта от пълен отказ от класическия идеал за причинност и радикална промяна на нашето разбиране за физическата реалност”.

А как посрещат спора на пионерите на новата физика техните колеги, младите активно работещи физици? Ами никак – те просто го игнорират. Дискусията изглежда метафизична – никоя от двете страни не оспорва формализма на квантовата механика. А философските дебати са излезли от мода. Промяната започва постепенно едва през 50-те години благодарение на Дейвид Бом (1917-1992) – американски физик, принуден да емигрира по времето на макартизма [F].

След войната Бом става асистент в Принстънския университет, където близко сътрудничи с Айнщайн. След като през май 1949 отказва (позовавайки се на Петото допълнение към американската конституция) да донася пред комисията за неамерикански действия срещу свои колеги от Калифорния, заподозрени в комунистически връзки, той е арестуван през 1950. Освободен през май 1951, той вече е уволнен от Университета; на Айнщайн е отказано да го вземе за свой асистент. В същата година Бом публикува своята превъзходна книга Квантова теория, в която дава нов прочит на работата на АПР. (Книгата е преведена на руски и работата на Бом се подкрепя в Съветския съюз от официалните марксистки идеолози, но това ѝ прави лоша реклама сред сериозните физици и те не оценяват неговите идеи.) Бом е

принуден да търси работа вън от САЩ – най-напред в Бразилия (там американското посолство му отнема паспорта), по-късно в Израел и накрая в Англия, където остава до края на живота си.

През 1957 Бом развива, заедно със своя ученик Якир Ааронов от университета в Хайфа, новия вариант на парадокса на АПР (от книгата си от 1951) в термините на спина на електрона, който има две възможни проекции по всяка дадена ос, вместо за координати и импулси, които могат да се изменят непрекъснато. Те използват невъзможността да се измерят точно проекциите на спина по две различни направления. Същият аргумент важи за измерването на поляризацията на фотона по две оси под ъгъл, което се реализира по-лесно. В особеното преплетено състояние, за което ще стане дума по-долу, след рождението си двойка фотони се раздалечават по права линия и имат еднакви поляризации спрямо всяка ос, перпендикулярна на тази права. Парадоксално изглежда това, че ако измерим поляризацията на единия от двата фотона тук, поляризацията на втория, отишъл далеч фотон ще е автоматически определена. Отново възниква мисълта, че двойките фотони зависят от някакви скрити параметри, които определят поляризацията им по различни оси и са подбрани така, че да се възпроизведат странните предсказания на квантовата теория. Това би дало пример на фундаментална теория, за която говорят Айнщайн и съавтори, която допълва и изяснява квантовата механика (така, както странните прилики на разделени от малки близнаци се обясняват с общите им „невидими” гени).

Поврат в търсенето на скрити параметри настъпва след работата от 1964 на северноирландския физик Джон Бел (Белфаст, 1928 – Женева, 1990). Бел намира областта от възможни стойности на наблюдаемите в случай, че раздалечените частици зависят от локални параметри, чието класическо статистическо разпределение е призвано да обясни квантово-механичните предсказания. Той показва, че възможните квантови резултати излизат от областта, която допуска теорията с подобни скрити параметри.

4. Квантови и класически предсказания за поляризацията на два фотона

◀ Възможните поляризации на един фотон се описват от квантова механика с двумерно пространство на състоянията. Това позволява да се въведат основните квантово-механични понятия с относително прости математични средства: с помощта на елементарни проекционни оператори в крайномерно пространство.

Квантовата механика се описва с линейни оператори $(A, B, \dots)$, действащи в Хилбертово пространство H . Ще напомним основните определения.

H е комплексно векторно пространство с ермитово скалярно произведение: ако Φ и Ψ са два вектора от H , то тяхното скалярно произведение $\langle \Phi, \Psi \rangle$ е комплекснозначна линейна функция на Ψ , удовлетворяваща условието $\langle \Phi, \Psi \rangle = \overline{\langle \Psi, \Phi \rangle}$, където $\bar{\lambda}$ е комплексно спрегнатото на числото λ . Скаларният квадрат (или квадратът на нормата $\|\Phi\|$) на всеки ненулев вектор е положителен:

$$\Phi \neq 0 \Rightarrow \|\Phi\|^2 = \langle \Phi, \Phi \rangle > 0.$$

Ако A е линеен оператор в H , то неговият спрегнат, A^* , се определя от равенството

$$\langle A\Phi, \Psi \rangle = \langle \Phi, A^*\Psi \rangle$$

за всяка двойка вектори Φ, Ψ от H . Всеки единичен вектор Φ (т.е., вектор с норма 1) определя чисто състояние. Ермитовите оператори – за които $A^* = A$ – съответстват на наблюдаеми, а величината $\langle \Phi, A\Phi \rangle$ се тълкува като средна стойност на наблюдаемата A в състоянието Φ .

Всеки два единични вектора Φ_1 и Φ_2 определят едномерен проекционен оператор $P_{12} = |\Phi_1\rangle\langle\Phi_2|$ ($P_{12}\Psi = \langle\Phi_2|\Psi\rangle|\Phi_1\rangle$ за всеки вектор $\Psi \in H$). Когато H е крайномерно пространство, всеки оператор A има следа $\text{tr } A$, която се определя като $\sum_i \langle e_i | A | e_i \rangle$ за всеки ортонормиран базис $\{e_i\}$ в H и не зависи от избора на базиса. Всеки оператор A в H може да се разложи по проекционните оператори $P_{ij} = |e_i\rangle\langle e_j|$, които се характеризират със свойствата

$$P_{ij}P_{kl} = \delta_{jk}P_{il}, \quad P_{ij}^* = P_{ji}, \quad \text{tr } P_{ii} = \text{tr } P_{ik}P_{ki} = 1. \quad (1)$$

Чистото състояние, съответстващо на единичния вектор Φ , се задава (по независещ от фазата на Φ начин) с ортогоналния проектор

$$P_\Phi = |\Phi\rangle\langle\Phi| (= P_\Phi^*) \Rightarrow \langle \Phi, A\Phi \rangle = \text{tr } (A P_\Phi). \quad (2)$$

Произволно (смесено) състояние се описва с матрица на плътност – положителен оператор ρ със следа 1.

Пространството на състояния на двуфотонната система, която ни интересува, е тензорното произведение

$$H = H_1 \otimes H_1$$

на две копия на двумерното пространство H_1 от възможните поляризации на един фотон. Нека се условим, че фотоните се движат по оста y . Тогава техните (напречни) поляризации се описват с единичен вектор в равнината (z, x) . Ако означим с $|+\rangle$ и $|-\rangle$ ортонормираните състояния на поляризация в направление на z и x , съответно, то завъртяната на ъгъл α двойка ще се задава с

$$|\alpha+\rangle = \cos\alpha|+\rangle + \sin\alpha|-\rangle, \quad |\alpha-\rangle = -\sin\alpha|+\rangle + \cos\alpha|-\rangle$$

или по-компактно,

$$|\alpha\epsilon\rangle = \cos\alpha|\epsilon\rangle + \epsilon\sin\alpha|-\epsilon\rangle, \quad \epsilon = \pm. \quad (3)$$

Тъждеството $|\alpha, \epsilon\rangle = -\epsilon|\alpha + \frac{\pi}{2}, -\epsilon\rangle$ показва, че можем да се ограничим с разглеждането на ъгли в интервала $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$. Векторите (3) диагонализират ермитовия оператор

$$A(\alpha) = |\alpha+\rangle\langle\alpha+| - |\alpha-\rangle\langle\alpha-| = \cos 2\alpha \sigma_3 + \sin 2\alpha \sigma_1, \quad (4)$$

представящ анализатора (детектора), който мери поляризацията под ъгъл α с оста z ; тук

$$\sigma_3 = |+\rangle\langle+| - |-\rangle\langle-| = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad \sigma_1 = |+\rangle\langle-| + |-\rangle\langle+| = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

са двете реални матрици на Паули. Ако означим с $B(\beta)$ анализатора за втория фотон (който се задава отново с (4), но с β вместо α), то корелацията на двете измервания в двуфотонно (чисто) състояние $P_\Psi = |\Psi\rangle\langle\Psi|$ се дава с

$$E_{QM}(\alpha, \beta) = \langle \Psi | A(\alpha) \otimes B(\beta) | \Psi \rangle = \text{tr } (A(\alpha) \otimes B(\beta) P_\Psi). \quad (5)$$

Ще пресметнем тази корелационна функция за $O(2)$ инвариантното (независещо от α) двуфотонно състояние

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\alpha+\rangle \otimes |\alpha+\rangle + |\alpha-\rangle \otimes |\alpha-\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}} (|+\rangle \otimes |+\rangle + |-\rangle \otimes |-\rangle). \quad (6)$$

Разлагайки A, B и Ψ по двумерните проектори $P_{\epsilon\epsilon'}$ и използвайки симетричността на матрицата $\langle \epsilon | B(\beta) | \epsilon' \rangle$, от която следва

$$\sum_{\epsilon, \epsilon' = +, -} P_{\epsilon\epsilon'} \text{tr } (B(\beta) P_{\epsilon\epsilon'}) = B(\beta),$$

получаваме

$$\begin{aligned} E_{QM}(\alpha, \beta) &= \frac{1}{2} \sum_{\epsilon, \epsilon' = +, -} \text{tr } (A(\alpha) P_{\epsilon\epsilon'}) \text{tr } (B(\beta) P_{\epsilon\epsilon'}) = \\ &= \text{tr } (A(\alpha) B(\beta) \rho) = \cos 2(\alpha - \beta). \end{aligned} \quad (7)$$

Тук $\rho = \frac{1}{2} \mathbb{I}$ е максимално симетричната матрица на плътност в двумерното пространство на еднофотонни поляризации. Това, че резултатът зависи само от взаимната ориентация на двата детектора, е следствие от ротационната инвариантност на Ψ . Матрицата ρ (7) е частен случай на т. нар. редуцирана матрица на плътност, въведена от Дирак [Dir] през 1930. Приведеното пресмятане илюстрира основната идея за възникването ѝ – тя описва случая, когато наблюдаваме само една от двете подсистеми, усреднявайки по възможните състояния на другата – и потвърждава интуитивното очакване, че дори и чистите състояния на съставната система могат да отговарят на смесени състояния на редуцираната; всъщност това се случва точно тогава, когато чистото състояние е преплетено.

Съществува просто и красиво геометрично представяне на чистите състояния в квантово-механична система с две нива като точка върху двумерната единична сфера („сфера на Блох“). Задаването на такова състояние съставлява единицата за „квантова информация“: квантов бит, или просто кубит. Смесените състояния на такава система пък се представят от точките на единичното кълбо. Наистина, всяка двумерна матрица на плътност ρ (ермитова, положително полуопределена и с единична следа) може да бъде разложена по единичната двумерна матрица и матриците на Паули като

$$\rho = \rho(\vec{a}) = \frac{1}{2} (1 + \vec{a} \cdot \vec{\sigma}), \quad \vec{a} \in \mathbb{R}^3, \quad |\vec{a}| \leq 1.$$

Векторът $\vec{a}$ се нарича вектор на Блох на системата. Двете собствени стойности на $\rho(\vec{a})$ са равни на $\rho_{1,2} = \frac{1}{2} (1 \pm |\vec{a}|)$ ($0 \leq \rho_{1,2} \leq 1$). Чистите състояния, които се задават с (едномерни) проектори, се характеризират с условието

$$\rho^2 = \rho \Leftrightarrow \vec{a}^2 = 1.$$

Ентропията на фон Нойман S на едно (изобщо, смесено) състояние ρ се дефинира като $S(\rho) = -\text{tr } \rho \log_2 \rho$. (Тази формула се осмисля лесно, когато матрицата ρ се диагонализира; в частност, собствени стойности 0 и 1 еднакво не носят ентропия, тъй като $\lim_{r \rightarrow 0} r \log_2 r = 0 = \log_2 1$.) Ентропията на едно чисто състояние е 0 (което е естествено, тъй като то е напълно детерминирано), а ентропията на смесеното състояние, зададено с 2×2 (редуцирана) матрица на плътност $\rho = \rho(\vec{0}) = \frac{1}{2} \mathbb{I}$ достига максималната стойност 1.

Не е трудно да се намери класическо разпределение $A(\alpha, \lambda) = \pm 1$ (зависещо от параметъра λ), което възпроизвежда квантовата корелация (4) при специални ъгли: $2|\alpha - \beta| = 0, \frac{\pi}{2}, \pi$. Нека например „скритата“ променлива λ е ъгълът на поляризация на двата фотона (отново спрямо третата ос) и резултатите от показанията на детектора $D(\alpha)$ са ± 1 , ако $|\alpha - \lambda| < \frac{1}{4}\pi$, и -1 , ако $|\alpha - \lambda| > \frac{1}{4}\pi$ (и аналогично за $D(\beta)$):

$$A(\alpha, \lambda) = \text{sign}(\cos 2(\alpha - \lambda)), \quad B(\beta, \lambda) = \text{sign}(\cos 2(\beta - \lambda)).$$

Този избор е съвсем естествен: той предполага, че резултатът от измерването е ± 1 , когато поляризацията на фотона сключва ъгъл, по-малък от 45° с направлението на анализатора и -1 , когато тя е по-близка до перпендикулярната на тази посока. Ако предположим равномерно (т.е. отново ротационно инвариантно) разпределение на поляризиациите на фотоните по ъгъла λ , то класическият аналог на $E_{QM}(\alpha, \beta)$ (4) може лесно да се пресметне:

$$E(\alpha, \beta) = \int_0^{2\pi} A(\alpha, \lambda) B(\beta, \lambda) \frac{d\lambda}{2\pi} = 1 - \frac{4|\alpha - \beta|}{\pi}, \quad -\frac{\pi}{2} \leq \alpha - \beta \leq \frac{\pi}{2}.$$

Сравняването на графиката на тази функция с тази на $E_{QM}(\alpha, \beta)$ показва тяхната близост. Най-голямо отклонение се среща на междинни ъгли като $2|\alpha - \beta| = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$. Бел доказва, че подобно отклонение остава при всеки избор на зависимостта от λ . ▶

Бел всъщност предлага практически осъществима постановка, като извежда за нея неравенства, които би трябвало да са в сила във всяка класическа теория със скрити параметри. Квантовото нарушаване на неравенствата на Бел не е било измерено опитно преди тяхното теоретично предсказване. Пробив настъпва с работата на Клаузер и сътрудници [CHSH] от 1969, в която се предлага да се използват двойки от поляризирани фотони, излъчени при специално подбрани атомни каскади. Първия

подобен опит „Експериментална проверка на теории с локални скрити параметри“ правят Фридман и Клаузер през 1972.

Роденият през 1942 в Калифорния физик Джон Клаузер е личност, за която заслужава да се каже повече. Теоретик и експериментатор, той се интересува от философски въпроси на квантовата физика по време, когато Самуел Гудсмит, редактор на *Physical Review*, изрично забранява дебати на подобни теми на страниците на престижното физическо списание. Клаузер и Бел участват заедно с философа-физик А. Шимони в издаването на полулегалното циклостилно издание *Epistemological Letters* (1973-1984), разпространявано от швейцарска фондация. Десетилетия по-късно (през 2010) Клаузер получава, заедно с Ален Аспе и Антон Цайлингер, Волфовата награда за концептуални и експериментални приноси към основите на квантовата физика.

„Мислените опити“, дискутирани от Айнщайн, Бор и Хайзенберг през първата трета на XX век, се превръщат в реални експерименти, започнали през 1970-те години. Ефектът на преплитане, предсказан от АПР, във формата, която му придават Бом, Бел и Клаузер и др., е потвърден опитно, но класическата интерпретация с помощта на параметри, свързани с всеки от фотоните, е отхвърлена. Решаващи са прецизните опити на Аспе (1981-1982) и сътрудници от Университета в Орсе (Франция).

По думите на негов колега, Бел не се радва, че опитът изключва причинно обяснение: „За мен е съвсем логично да се предположи, че фотоните в тези опити са програмирани да се поляризират в една и съща посока. Когато Айнщайн осъзна това, а другите не го виждаха, той беше рационалният човек. Жалко, че неговата идея не проработи! Разумното не работи.“

◀ След като има конфликт между естествено звучащи предположения и опитите, които потвърждават квантовата теория, възниква въпросът за точните предпоставки за неравенствата на Бел (и на CHSH), които се нарушават в тези опити. Главното предположение в основата на изводите на АПР е изискването, че резултатът на Алис, $A(\alpha, \lambda)$ ($= \pm 1$), която мери поляризацията на първия фотон, зависи от ориентацията (ъгъла α спрямо оста z) на близкия ѝ поляризатор, и съответно на Боб², $B(\beta, \lambda)$, който мери втория, само от ориентацията β на неговия поляризатор (и от параметрите λ). Разглеждайки случая, когато всеки от раздалечените експериментатори мери поляризацията по две различни оси (α и α' за Алис, β и β' за Боб), забелязваме, че щом възможните стойности на A и B са ± 1 , то следната комбинация взема стойности ± 2 :

$$A(\alpha, \lambda) [B(\beta, \lambda) - B(\beta', \lambda)] + A(\alpha', \lambda) [B(\beta, \lambda) + B(\beta', \lambda)] = \pm 2.$$

Оттук би следвало, че очакваните поляризации $E(\alpha, \beta)$, получени с усредняване по λ на $A(\alpha, \lambda)B(\beta, \lambda)$, трябва да удовлетворяват съотношението:

$$-2 \leq E(\alpha, \beta) - E(\alpha, \beta') + E(\alpha', \beta) + E(\alpha', \beta') \leq 2. \quad (8)$$

От друга страна, ако например всеки от ъглите между съседните двойки

² В тази и родствени области (например в криптографията) е прието вместо да се говори за „наблюдателите А и В“, да им се дават стандартни имена.

направления $\alpha - \beta$, $\beta - \alpha'$, $\alpha' - \beta' e^{\frac{\pi}{4}} = 22^{\circ}30'$, така че $\alpha - \beta' = \frac{3\pi}{4} = 67^{\circ}30'$, то квантово-механичният принос $E_{QM}(\alpha, \beta) = \cos 2(\alpha - \beta)$ (7)⁸ на всеки от четирите члена, с отчитане на знаците, е $\cos(\pi/4) = -\cos(3\pi/4) = 1/\sqrt{2}$ и комбинацията от четирите поляризации в (8) излиза $2\sqrt{2}$, в нарушение на (дясното, в случая) неравенство. Именно това нарушение е потвърдено с голяма точност в опитите на Аспе. ►

5. Продължаващи дискусии. Нова квантова революция?

Смисълът на неравенствата на Бел – въпросът на какво точно ни учат те – е предмет на продължаващи дискусии. Доминиращото мнение е, че тяхното нарушаване не може да се обясни със скрити локални параметри (всъщност става дума за параметри, които не зависят от действията на отдалечения наблюдател). Забравя се, че нерелативистичната квантова механика, чийто апарат се използва, не е пригодна за проверка на крайната скорост на разпространение на сигнали, диктувана от теорията на относителността, или на квантово-полевата локалност. Шимони си спомня³ че Артър Уайтман (1922-2013), неговият професор в Принстън, му предлага „да прочете статията на Айнщайн-Подолски-Розен и да намери къде бъркат”. Шимони не вижда нищо грешно в разсъжденията на авторите, но по-късно си дава сметка, че рамките на статията на АПР не подхождат за обсъждане на релативистична локалност. (Самото определение за спин или поляризация в теорията на полето изисква интегриране на запазващи се токове по цялото тримерно пространство.) Продължаващите без уговорки твърдения, че квантовото преплитане нарушава локалността (виж например философската дискусия в [М]) карат известния римски физик-теоретик С. Доплихер [D] да обяснява отново, че няма противоречие между ефекта на АПР и процеса на измерване в локалната квантова теория на полето.

Историята не свършва тук. В уводната лекция [F82] на конференция през 1981, когато вече е станало ясно, че неравенствата на Бел се нарушават, Файнман говори за преплетените състояния на поляризация като за ефект, който не може да се имитира от класически компютър. По думите на Аспе, „Файнман си е Файнман: не цитира никого, но даде нова насока на изследване”. В течение на половин век господства убеждението, че принципът на действие на всички възможни компютри е един и същ – това е „машината”, описана от Тюринг (1936). Ако предшественици-математици (като Манин, 1980) се интересуват от нови възможности за пресмятане (от по-големия капацитет на квантовите състояния), то Файнман мисли за симулиране на квантови явления, които принципиално не допускат класическа реализация, като начин те да се разберат по-добре: „Ние не си давахме сметка колко смътно сме разбирали езика, граматиката, ...преди да се опитаме да програмираме компютър да превежда.”

Така или иначе, започна бурна активност с претенции за нова наука: Излиза книга „Квантово пресмятане и квантова информация” (Кеймбридж, 2010). Рекламата

³ Виж [НТ] за допълнителни литературни указания и за по-подробно обсъждане на този и други въпроси.

е голяма; успехите засега са скромни. Сериозен математичен резултат е квантовият алгоритъм на Шор за разлагане на големи числа на прости множители (1994). Шор показва, че има рецепта, по която един квантов компютър би могъл да факторизира (т.е. да представи като произведение от по-малки съмножителни) произволно цяло положително число N за време, пропорционално на третата степен на броя на десетичните знаци на N (т.е. на логаритъма на N), докато за класически компютри това време се предполага (макар да не е доказано), че расте по бързо от коя да е степен на $\log N$. Въпросът за трудността за намиране на простите делители на големи числа играе роля в криптографията – науката за кодиране и изпращане на тайни съобщения.

Споменатият по-горе Алан Тюринг (1912-1954) – бащата на теоретичната компютърна наука – е известен на широката публика с решаващата роля, която изиграва за дешифриране на германския таен код „Енигма” по време на Втората световна война.⁴ Чърчил го определя като човека с най-голям принос към съюзническата победа над Германия. Неговата работа продължава да е англо-американска тайна години след войната и той е следен да не би да я издаде на някой свой приятел. Доведен до самоубийство (отхапал отровена с цианкалий ябълка) преди да е навършил 42, той получава след 55 години публично извинение за ужасното третиране от британския премиер Гордън Браун (виж [D12], с. 335). Осъден за хомосексуалност през 1952, той е официално простен посмъртно от кралицата на Бъдни вечер 2013.

Главната трудност за построяване на ефикасно действащ квантов компютър е ефектът на нарушаване на кохерентността, а заедно с това и на квантовото преплитане, при взаимодействие с външния свят. Рекордът, постигнат през 2012, на прилагане на алгоритъма на Шор от работещ компютър е разлагането на $21 (= 3 \times 7) \dots$ По думите на известен компютърен специалист, цитирани в [A08], „Поведението [на изследователи на квантови компютри] би отговаряло, да речем, на Максвел, рекламиращ демона от своя знаменит мислен експеримент като път за получаване на по-евтино електричество от топлина.” За продължаващия интерес към „информационната интерпретация на квантовата механика” говори статията [Kh], в която се изказват по-оптимистични възгледи. Истинските приложения идват след продължително, най-често безшумно, развитие на науката. Квантовата механика, създадена в първата четвърт на XX век, започна да намира широко приложение едва след откриването на транзистора (1948) и на лазера (в края на 1950-те години). Предварително обявената „втора квантова революция”, свързана с квантовото преплитане, все още е далеч от приложения в такъв мащаб.

Това, което е ясно (без да се рекламира), е, че „философските дискусии на стари аутсайдери” (като Айнщайн, Шрьодингер и Бор) доведоха до ново развитие – и ново разбиране – на квантовата физика. Безапелационното твърдение на Лев Ландау (1908-1968) – лидер на Московската школа по теоретична физика след Втората световна война – че „квантовата механика е завършена към 1930 и всички спорове около нея, водени по-късно, са смахнати”, се споделяше от повечето активни физици по света. В своите лекции по физика, излезли 1963, Файнман пише, че цялата „мистерия” на

⁴ Наскоро по екраните се появи превъзходен филм, „The imitation game”, посветен на него.

квантовата механика идва от дуалността между вълни и частици и той не вижда нищо различно в парадокса на АПР. Нужни са му още 20 години и (посрещаните скептично) работи на физици като (гонения) Бом и Бел, които довеждат до опитите на Клаузер, Аспе и други, за да си даде сметка, че квантовото преплитане е нещо ново. И трябва да оценим прозорливостта на късния Айнщайн, който предсказва нов квантов ефект, и на Бор, който в своя измъчен и труден за четене отговор отрича възможността за класическо причинно обяснение на парадокса.

Работата на авторите се поддържа частично от Договор T02/6 с Националния фонд за научни изследвания.

ЛИТЕРАТУРА

- [A08] S. Aaronson, The limits of quantum computers, *Scientific American* **298**:3 (2008) 62-69.
- [A] Alain Aspect, Bell's theorem: the naive view of an experimentalist, in: *Quantum [Un]speakeables – From Bell to Quantum information*, eds. R. A. Bertlmann et al., Springer, 2002; quant-ph/0402001.
- [B] Niels Bohr, 1913-2013, *Séminaire Poincaré XVII*, décembre 2013, достъпна на електронен адрес <http://www.boHYPERLINK> “<http://www.bourbaphy.fr/decembre2013.html>” <http://www.bourbaphy.fr/decembre2013.html>. Виж особено:
- Tomas Bohr, Keeping things open, стр. 1-17;
- John L. Heilbron, The mind that created the Bohr atom, стр. 19-58; и най-вече,
- Alain Aspect, From Einstein, Bohr, Schrödinger to Bell and Feynman: a new quantum revolution?, стр. 99-123.
- [CHSH] J. F. Clauser, M. A. Horne, A. Shimony, R. A. Holt, Proposed experiments to test local hidden-variable theories, *Phys. Rev. Lett.* **23** (1969) 880-884.
- [Dir] Paul A.M. Dirac, Note on Exchange Phenomena in the Thomas Atom, *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* **26**:3 (1930) 376-385.
- [D] Sergio Doplicher, The measurement process in local quantum field theory and the EPR paradox, arXiv:0908.0480 [quant-ph].
- [D12] George Dyson, *Turing's Cathedral: The Origins of the Digital Universe*, Pantheon, 2012.
- [F] Olival Freire Jr., Science and exile: David Bohm, the cold war, and a new interpretation of quantum mechanics, *HSPS* **36**:1 (2005) 1–34; physics/0508184.[physics.hist-ph];
- David Bohm Report: Major Sources, <http://www.nicke-c.com/bohmwri.htm>.
- [F82] Richard P. Feynman, Simulating physics with computers, *Int. J. Theor. Phys.* **21**:6-7 (1982) 467-488; <https://www.cs.berkeley.edu/~christos/classics/Feynman.pdf>.
- [HT] L. Hadjiivanov, I. Todorov, Quantum entanglement, *Bulg. J. Phys.* **42**:2 (2015) 128-142; arXiv:1506.04262 [physics.quant-ph].
- [Kh] A. Khrennikov, Reflections on the Zeilinger-Brukner information interpretation of quantum mechanics, arXiv: 1512.07976 [quant-ph].
- [M] Tim Maudlin, What Bell did, arXiv:1408.1826 [quant-ph]

ПЪРВИТЕ ЯРКИ ЛАЗЕРНИ РЕНТГЕНОВИ ЛЪЧИ СЪС СПЕКТЪР ОТ МНОГОБРОЙНИ, НЕПРЕЛИВАЩИ СЕ, НЕВИДИМИ ЦВЕТОВЕ

Лилия Ангелова

Братята българи Димитър и Теньо Попминчеви, възпитаници на школата на Теодосий Теодосиев, поставят основата на квантовата азбука на ярките квантови рентгенови лъчи.

Начело на голям международен екип те сбъдват една мечта на академичните среди и на специалистите от индустрията. Създават първия аналог на много лазерни източници на рентгенова светлина, които като че ли оперират едновременно, но всъщност представляват един персонален рентгенов суперлазер с гребеноподобен спектър от голям брой различни невидими цветове. Преобразуването на хаотична светлина във високо синхронизирана лазерна светлина е най-ефективният начин да се концентрира енергия във времето и пространството. Тези рентгенови лъчи имат енергия, която автоматично е компресирана във времето до минимума, който квантовата природата на светлината позволява и представляват най-практичният и опростен метод да се създаде това от само себе си. Всичко се прави в момента на сътворяването на рентгеновите фотони – без допълнителни комплексни физични процеси. Компресията във времето е 100 атосекунди времева продължителност (1 атосекунда = 1 милиардна от милиардната от една секунда) и може да се подобрява до още по-къси времеви интервали, ако се прибавят допълнителни невидими рентгенови цветове.

Един 4-мерен рентгенов микроскоп, който използва такава светлина, би могъл да види функционирането на синтетични био– и наноструктури и на естествени природни системи, с резолюция в пространството от порядъка на големината на атома, както и би могъл да проследява свръхбърза динамика във времеви промеждутъци от порядъка на най-бързите процеси в нашия естествен свят. Ако с бързината на камерата на мобилен телефон би могъл да се „замрази” във времето свръхзвуков самолет, то тези квантови рентгенови лъчи се очаква да “замразяват” във времето дори и най-бързите квантови обекти извън ядрото на атома – електроните.

Двамата братя използват интензивен лазер, който излъчва един единствен цвят в невидимата област на ултравиолета, т.е. има къса дължина на вълната налъчението, и успяват за първи път да преобразуват излъчването с рекордна ефективност до много по-къси дължини на вълните в рентгеновата област в среда от благороден газ (рентгеновият спектър има приблизително 1000 пъти по-къса дължина на вълната в сравнение с видимия спектър за човешкото око). Процесът на преобразуване се нарича генериране на хармонични и е светлинен аналог на издаването на звук от цигулка, където ако се скъси дължината на струната, се излъчват звукови вълни с по-висока честота. В оптичния аналог всеки един излъчващ атом е цигулка, електроните са струните и

синхронът се дирижира от напompващ лазер-диригент.

Новото откритие на братя Попминчеви е като момент от “Завръщане в бъдещето”. Първите хармонични в газови среди са открити през 1987 г., като е използван също ултравиолетов лазер, с основната разлика, че хармоничните са били неизползваеми – липсвало е разбирането как да се синхронизира излъчване от много атоми, което дава рекордно усилване. Най-висока е ефективността на излъчване на един изолиран атом при “дирижиране” с ултравиолетов лазер – или когато електроните-струни са къси. Противоположно на това разбиране, конструктивното усилване на рентгеновата светлина, излъчена от много атоми, изисква инфрачервени лазери, за да се постигне силно излъчване в рентгена – или когато електроните-струни са дълги, слабо натегнати и беззвучни, но в замаяна могат да се синхронизират в огромен оркестър. Това е друг нов режим на генериране на рентгенова светлина, въведен вече в много лаборатории по света, който бе също открит по-рано, патентован от Теньо Попминчев и реализиран с Димитър Попминчев и екипа.

Инфрачервените лазери не могат да проникнат в плазма, а на практика се отразят обратно от плазмен щит (огледало), но ултравиолетовата лазерна светлина може да премине и дори през плазмен облак от електрони и многократно заредени газови йони. Още повече, свойствата на йоните позволяват конструктивно усилване на рентгенова светлина от много йони единствено ако се използва ултравиолетов лазер. Най-интересното е, че този нов ярък рентген има гребеноподобен спектър от добре разграничени цветове, противоположно на рентгена, генериран от екипа преди няколко години, използвайки инфрачервен лазер, който съдържа всички невидими цветове на дъгата, т.е. е “бяла светлина” в рентгеновия спектър.

Забележително е, че имаме два взаимнодопълващи се фундаментални метода, където дирижиращите лазери усилват лъчение с различни свойства, идеални за различен тип взаимнодопълващи се приложения. Например спектърът “бяла светлина” може да разграничи свръхбързото функциониране на огромен брой отделни химични елементи в наноструктури, докато спектърът “гребен” може да „вижда“ много по-фини структури.

И двете открития са публикувани в топ журнала за наука Science и са придружени от патенти. И двете поставят основите на азбуката на усилването на рентгеновите лъчи, които могат да се нарекат “квантови рентгенови лъчи” в отличие от радиацията от рентгеновата крушка на Вилхелм Рентген. Новото лъчение се сътворява чрез ексклузивен квантов контрол над електроните-струни в атоми и йони, за да се генерират рентгенови лъчи с идеалните свойства по поръчка на приложението, използвайки нова квантова азбука и един и същи персонален, практичен, портативен апарат!

Оригиналната статия в Science:

<http://jila.colorado.edu/popmintchev/PDFs/PopmintchevUVDrivenX-raysScience350.1225.2015.pdf>

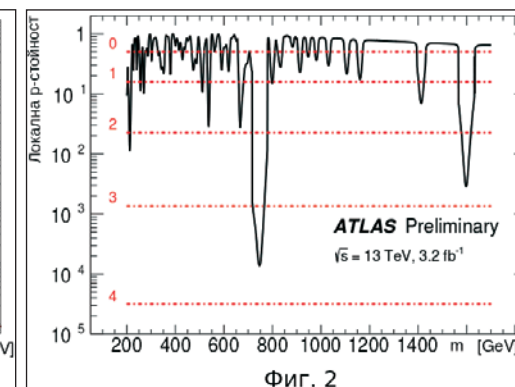
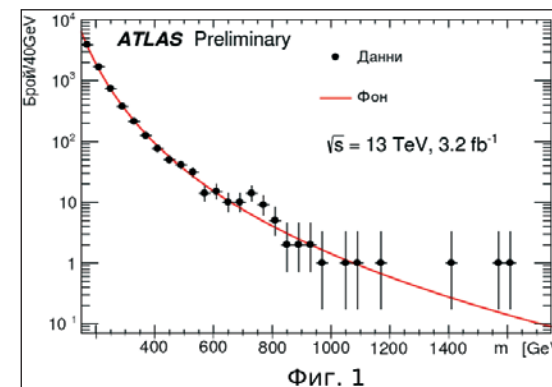
ЩЕ БЪДЕ ЛИ РЕГИСТРИРАН ВТОРИ ХИГС БОЗОН НА ГОЛЕМИЯ АДРОНЕН КОЛАЙДЕР?

Михаил Стоилов

На 15 декември 2015 г. в ЦЕРН се състоя семинар, на който колаборациите, свързани с двата основни детектора на Големия адронен колайдер, СиЕмЕс и АТЛАС, представиха резултатите от годишната си работа при енергии на сблъсъка на протоните 13 TeV. Колаборациите забраняват предварителното изнасяне и коментиране на представените на подобни събития резултати. По традиция обаче имаше изтичане на информация, като очакването беше да се съобщи за наблюдаването (с 95% вероятност) на втора Хигсова частица с маса около 700 GeV. Важността на подобно съобщение би била изключителна, тъй като подобна частица не присъства в Стандартния модел на елементарните частици. Действителността, разбира се, се оказва доста по-различна.

За евентуален втори Хигс бозон се говори само в презентацията на АТЛАС. Въпросът не е разгледан като централен, като на него е посветена едва една от общо 52 страници от презентацията [1]. Процесът, чието изследване дава основание да се говори за втори Хигс бозон, е превръщането на два протона в два фотона. При този процес главният експериментален проблем е, че фотоните не се наблюдават директно, а се реконструират от вторични частици. Целта при реконструкцията е да се изключи погрешното идентифициране на адронни струи като фотони и с това да се понижи експерименталната грешка на получените резултати.

Данните, докладвани от АТЛАС, са приведени на фигурите по-долу, като на Фиг. 1 са показани наблюдаваните резултати (със съответните грешки) и предполагаемият фон (очакваното количество двойки фотони, породени в детектора от процеси, описвани от Стандартния модел), а статистическата значимост на наблюденията е показана на Фиг. 2.



Показаните експериментални данни ясно разкриват предизвикателствата, пред които са изправени изследователите – много малко съотношение сигнал/шум съчетано с изключително малък брой наблюдавани събития. Това формално е визуализирано на Фиг. 2, където е дадена графиката на т.нар. p -стойност – вероятността наблюдаваното или по-голямо от него отклонение от фона да се дължи на статистическо отклонение на последния. Локалната p -стойност е равна на единица минус функцията на разпределение за Поасоново разпределение, центрирано във фоновата стойност с аргумент разликата между експерименталната и фоновата стойност. Пълно съответствие с теорията отговаря на хоризонтална линия с p -стойност 0.5. Вижда се, че около 750 GeV има доста добре изразен пик, чиято значимост с малко статистическа магия може да бъде докарана до около 4 сигма. Обаче глобалната значимост (която грубо казано отчита и колко е „зашумена“ локалната p -стойност в целия изследван интервал) на този пик е само 2 сигми.

Заслужава да се отбележи, че представените на Фиг. 1 данни силно напомнят на знаменитите резултати от 2012 г., довели до откриването на Хигс бозона. Две са основните разлики: първо, въпреки че съотношението сигнал/шум е приблизително същото, статистиката през 2012 г. бе значително по-голяма; второ, засега отсъства наблюдение на разпад на предполагаемия бозон на 4 лептона – наблюдение, което през 2012 г. беше от решителното значение.

Колаборацията СиЕмЕс също наблюдава излишък на фотонни двойки около 750 GeV. Те обаче заемат по-консервативна позиция и се задоволяват с обсъждане възможният пик да е резултат от масивен гравитон, предсказан от екзотичния модел на Рандал и Сундрум за нашата вселена. При тях натрупаната статистика е по-малка и се е наложило да обединят данните си за протони с 8 и 13 TeV, за да достигнат точността на АТЛАС.

Представените от АТЛАС и СиЕмЕс резултати не са от такъв решителен характер, че да може да бъде доказано съществуването на новия бозон, но имат потенциала да станат централен въпрос в изследванията на колаборациите през настоящата година. Необходимо е да се каже, че съществуват и алтернативни теоретични интерпретации, например наблюдаваният резонанс да се окаже тежък аксон [2].

Литература

[1] <https://indico.cern.ch/event/442432/contribution/1/attachments/1205572/1759985/CERN-Seminar.pdf> (страница 44)

[2] L. E. Ibanez and V. Martin-Lozano, "A Megaxion at 750 GeV as a First Hint of Low Scale String Theory", arXiv: 1512.08777v1 [hep-ph], 29 Dec (2015).

„БЪЛГАРСКАТА” ЧЕРВЕНА НОВА ЗВЕЗДА

На рядък „улов” попаднаха български астрономи, начело с младия докторант по астрофизика в Софийския университет Александър Куртенков. Екипът регистрира и изследва с телескопите в Националната астрономическа обсерватория Рожен избухване в най-близката до нас спирална галактика Андромеда (M31). Открива, че избухването не е обикновена нова звезда, а много по-рядък обект, т.нар. „яркосветима червена нова”. Наблюдават първото подобно събитие в M31 от 26 години насам.

Откритието предизвиква силен интерес и към българската колаборация постепенно се включват 20 астронома от 9 държави. Те печелят наблюдателно време на 9 телескопа, включително на 6-метровия БТА (Русия) и на най-големия оптичен телескоп в света – 10.4-метровия GTC (Испания). В края на февруари екипът съобщава откритието си в The Astronomer’s Telegram – сайт за кратки съобщения между професионални астрономи [1]. Пълните наблюдения за първите 3 месеца след избухването са публикувани през юни в престижното издание Astronomy & Astrophysics [2]. Междувременно конкурентни екипи извършват наблюдения с 2-метровия Ливърпулски телескоп и дори с космическия телескоп Spitzer. Кампанията се координира от Александър Куртенков, докторант по астрофизика в Софийския университет, в тясно сътрудничество с д-р Петър Песев (ИАС, Испания) и проф. Тома Томов (UMK, Полша).

Класическата нова е избухване, породено в системата от две звезди, една от които е бяло джудже. Бялото джудже е изключително плътен и горещ малък обект, състоящ се почти изцяло от въглерод, чиито електрони формират изроден квантов газ. Белите джуджета са остатъци от звезди след края на еволюцията им. Ако такава джудже се окаже в тясна бинарна система с друга звезда, поради силната си гравитация то всмуква от нея водород. Новият водород покрива равномерно повърхността и постепенно се нагрява до много висока температура, която поради свойствата на изродения електронен газ на джуджето е практически еднаква навсякъде. Когато температурата надвиши стойността, необходима за термоядрен синтез (около 20 милиона Келвина), пресният водород избухва, като реакцията обхваща цялата новообразувана обвивка. Това избухване се наблюдава на Земята като класическа „нова” звезда. По време на пика на избухването светимостта на новата звезда достига 50000 до 100000 пъти светимостта на нашето слънце.

Все още обаче не е ясно как се образуват червените нови. Едва през 2007 година, след откриването на избухване на обект M85 OT2006-1 в елиптичната галактика Месие 85, официално е прието, че мощните червени нови представляват звездни експлозии от нов, непознат досега вид. Поради това всяко ново наблюдение предизвиква висок интерес с това, че би могло да доведе до нова ключова информация, водеща до разбиране на механизма на взрива. Най-популярната теория е, че са продукт на сливането на две близки звезди с обща атмосфера. За разлика от класическите нови,

повърхността на разширяващата се обвивка става по-хладна и почервява с времето, откъдето идва и наименованието им.

В максимума си M31N 2015-01a (класификационния номер на „нашата“ червена нова) е около 500 пъти по-голяма и 1 милион пъти по-мощна от Слънцето, но тъй като е на 2.5 милиона светлинни години от нас, изглежда около 4000 пъти по-слаба от най-слабите звезди, видими с невъоръжено око. В следващия месец температурата на повърхността ѝ пада от 7200 до 4100 градуса по Целзий, а наблюденията от септември показват, че вече е още по-ниска – достатъчно, за да се образува прах.

В България действа една от водещите групи в света в изследването на нови извън нашата галактика. Александър Куртенков е част от групата, която наблюдава главно с телескопите на Роженската обсерватория. Екипът, ръководен от доц. Евгени Овчаров (СУ), е открил над 20 нови в галактиката Андромеда от 2004 г. досега. (<http://nao-rozhen.org/>)

[1] A. Kurtenkov, et al., <http://www.astronomerstelegam.org/?read=7150>

[2] A. Kurtenkov, P. Peshev, T. Tomov et al. 2015, „The January 2015 outburst of a red nova in M 31”, A&A, 578, L10

Светът на физиката,
със съкращения от nao-rozhen.org

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

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
BG82CREX92601013508300
BIC: CREXBGSF
ТОКУДА БАНК АД

ОБЕДИНЕНИЯТ ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ДУБНА – НА 60 ГОДИНИ

Никола Балабанов

„За нас, специалистите по ядрена физика, пътуването до ОИЯИ в Дубна е станало такова обикновено нещо, че всеки е уверен в заминаването си и ако забрави четката си за зъби, тя ще бъде донесена от пристигация на другия ден колега.“

Ч. Стоянов (1986 г.)

С тези обикновени думи колегата професор Чавдар Стоянов великолепно отразява „трудовете“ всекидневие, в което се е превърнало сътрудничеството с ОИЯИ за българските ядрени специалисти. Този непрекъснат поток, обхващащ стотици наши специалисти годишно, не пресъхва вече шесто десетилетие. Обяснението за притегателната сила на ОИЯИ е в особената научна атмосфера в него, мощният интелектуален потенциал и първокласна ядрена техника, съсредоточена в неговите лаборатории, в уюта, който град Дубна осигурява на своите жители и гости. Затова акад. Хр. Христов нарича Дубна „магнит и мечта за всички, които искат да се задълбочат в изучаването на материята“; проф. Тодор Русков – „прекрасно място, където българската физика можеше да почерпи от извора знания“; проф. Дим. Стаменов – „научна школа и съдба на едно цяло поколение български физици“ и т.н. Тези суперлативи градът дължи най-вече на действащия в него вече шесто десетилетие Обединен институт за ядрени изследвания (ОИЯИ).

Официалната рождена дата на ОИЯИ е 26 март 1956 г., а на Дубна като град – 24 юли същата година. Онези, които са участвали в създаването на Института и на града, ни връщат по-назад във времето. Един от основателите на ОИЯИ проф. В. П. Джелепов пише в спомените си: „14 декември 1949 г. е истинският рожден ден на първата лаборатория в Дубна – Лабораторията по ядрени проблеми, мощното сърце на която – синхроциклотронът даде на този ден сноп частици, летящи със скорост, близка до скоростта на светлината.“

Не е безинтересно да се надникне в предисторията на ОИЯИ, още повече, че в литературата историята на следвоенната съветска ядрена физика е предадена едностранчиво, насочена най-вече към създаването на ядрената бомба. Истината е, че непосредствено след края на Втората световна война, по предложение на И. В. Курчатов, съветското правителство взема решения за създаване на ускорители от нов тип. Към секретната лаборатория, на която е възложено проектирането на ядрено оръжие, се разкрива филиал – Хидротехническа лаборатория, със задача построяване-

то на ускорител на протони и деутрони (синхроциклотрон) с енергии около половин милиарда електронволта (около 0,5 GeV). От съображения за секретност е решено ускорителят да се строи в селището Ново-Иванково, разположено на 130 км от Москва сред глухи, блатисти борови гори на брега на р. Волга. За ръководител на проекта е назначен М. Г. Мешчеряков – един от водещите ядрени специалисти в страната.

В своята великолепна книга „Обикновени, странни, очаровани, прекрасни“ дубненският професор П. С. Исаев характеризира подвига на съветските специалисти по следния начин:

„Младият колектив от учени експериментатори в Хидротехническата лаборатория, нямащ в своя състав нито лауреати на Нобелова премия, нито заслужили професори и доктори на науките, се включи в задочно съперничество с учениите от САЩ, където по онова време бяха концентрирани научните сили практически на цялото земно кълбо – от Западна Европа редица учени бяха емигрирали в САЩ преди и по време на Втората световна война.“

Според традициите на времето, колективът е обещал да пусне ускорителя в навечерието на 70-годишния юбилей на ръководителя на съветската държава Й. В. Сталин (21.12.1949 г.). Обещанието е изпълнено една седмица предсрочно – на 13 срещу 14 декември 1949 г. До 1953 г. този ускорител на протони е най-големият в света.

По същото време, в края на 40-те години, сред научните среди вече зрее идеята за създаване на международни научни центрове. На Европейската конференция по култура, проведена през 1949 г., Луи де Бройл приканва научната общественост за създаване на организация, обединяваща интелектуалните сили на Европа. След няколко години, през 1954 г., в Женева е създаден Европейски център за ядрени изследвания – ЦЕРН, в състава на който се включват 12 държави от Западна и Централна Европа. През август 1955 г. на Международна конференция за мирно използване на атомната енергия ръководителите на ЦЕРН докладвали своите планове за работа. Присъствалите на конференцията представители на тогавашните социалистически страни се събрали в един ресторант край Женевското езеро и започнали да обмислят идеята за създаване на подобен център. Веднага след това започнала подготовката за реализиране на идеята. Няколко месеца по-късно това станало факт.

От 20 до 26 март 1956 г. в Президиума на съветската академия на науките се състояло Учредително съвещание по въпроса за организиране на международен ядрен център. На 26 март било подписано споразумение за учредяване на Обединен институт за ядрени изследвания. В учредяването участвали единадесет страни: Албания, България, ГДР, Китай, КНДР, Монголия, Полша, Румъния, СССР и Чехословакия. За директор на ОИЯИ бил избран Дмитрий Иванович Блохинцев.

Д. И. Блохинцев е легендарна личност в историята на съветската, а и на световната атомна физика. Бил е дубльор на Курчатов при изпитанията на първата съветска атомна бомба (1949 г.). От 1950 до 1956 г. е бил директор на Физико-енергетичния институт в Обнинск. Ръководил е проектирането, създаването и пускането на първата в света атомна електроцентрала (1954 г.). В Московския университет е завеждал катедра от

1935 г. до смъртта си (1979 г.). Написал е един от първите в света учебници по квантова механика, претърпяла 22 издания на девет езика.

По това време в Дубна функционират два самостоятелни научни института – Института за ядрени проблеми (ИЯП) с действащия в него синхроциклотрон (това е бившата Хидротехническа лаборатория) и създадената през 1953 г. Електрофизическа лаборатория (ЕФЛАН), в която се работело по създаване на синхрофазотрон, предназначен за ускоряване на протони до 10 GeV.

Решаващо значение за успешното начало в дейността на ОИЯИ имало решението на съветското правителство да му предостави двата действащи в Дубна института – ИЯП и ЕФЛАН. Огромна роля за развитието на новия институт са изиграли редица научни звена от столицата – Московският университет, Московският инженерно-физически институт, Физическият институт „П. Н. Лебедев“ и др., които са осигурили висококвалифицирани специалисти и са образували неговия творчески фундамент.

Представители на нашата страна също взимат решаващо участие в организирането и развитието на ОИЯИ. Сред личностите, които през първите години съществено са подпомагали неговата дейност, е и доайенът на българската физика академик Георги Наджаков. През следващите години в управлението на ОИЯИ като заместник-директори са участвали нашите сънародници: Емил Джаков (1959–1961), Христо Христов (1968–1970), Иван Златев (1979–1983) и Цветан Вълков (1992–2004). Заслужава да споменем и имената на българите, които са изпълнявали зам.-директорски длъжности на отделни лаборатории: Павел Марков, Желю Желев, Владимир Пенев, Николай Ангелов, Емил Наджаков, Ангел Йорданов и Румяна Калпакчиева. Още веднъж трябва да се спомене името на Цветан Вълков, който беше директор на Лабораторията по ядрени проблеми (1988–1992 г.), освен това през всичките години е бил официален и неофициален „посланик на българската физика“ в ОИЯИ.

Трудно е да се изброят всички успехи и постижения на учените, работили в ОИЯИ през изминалите 60 години. Всяко изброяване би било непълно и донякъде субективно, според „вкуса“ на пишещия. За да избегна този риск и да сведа до минимум пропуските, ще се постарая да представя в обобщен вид най-значителните приноси на ОИЯИ в науката:

- На сътрудниците на Института принадлежат над 40 официално регистрирани открития – това е половината от откритията, регистрирани в СССР в областта на ядрената физика.
- Лабораторията за ядрени реакции (ЛЯР) има приоритет в синтезирането на повечето свръхтежки елементи в трансформиевата област с атомни номера до $Z = 118$. В тази област са синтезирани 34 изотопа на свръхтежките елементи. Признание за приносите на ОИЯИ в тази област са наименованията, присъдени от Международните съюзи ИЮПАП и ИЮПАК на два от елементите: „Дубний“ ($Z = 105$) и „Фльоровий“ ($Z = 114$).
- В ОИЯИ са открити нови видове радиоактивни разпадания: протонна радиоактивност, закъсняващо делене, спонтанно делене на възбудени ядрени

състояния; предсказано е съществуването на радиоактивни разпадания, промеждутъчни между алфа-разпадането и ядреното делене.

- Значителни успехи ОИЯИ бележи в теорията и експеримента по изучаване свойствата на елементарните частици: откриване на нови частици, нови канали на разпадане, въвеждането на квантово число, получило названието „цвят” и др. Сътрудници на ОИЯИ са участвали в откриването на Хигс-бозона, в определянето на осцилациите и масата на неутрино.
- Учените на ОИЯИ имат определени заслуги за построяването на квантовата хромодинамика, създаването на нови ядрени модели, разработване на ново направление – мезохимия, изучаване фундаменталните свойства на неутрона, както и на свойствата на неутронните резонанси.

Наред с фундаменталните изследвания, които Г. Н. Флѐоров сполучливо наричаше „светлоносни”, в ОИЯИ се разработват и „плодоносни” – приложни направления: производство на радионуклиди, получаване на мембранни материали, неутронна радиография, неутронен и гама-активационен анализ и много други. С разкриването на Лаборатория по радиационна биология, освен традиционните направления по изучаване въздействието на заредени частици върху различни органи и системи на животните, се провеждат и астробиологични изследвания с цел получаване на нови сведения за произхода на живота на Земята, както и на другите космически обекти.

Наред с приносите в науката, ОИЯИ се утвърди и като първокласен образователен център. През всичките години на неговото съществуване в Дубна са завършвали обучението си студенти от МГУ, МИФИ, МФТИ и др. Съществуващият в Института Учебно-научен център ежегодно организира различни форми за работа с ученици, студенти, дипломанти, учители и др. В тези форми редовно участват и представители на нашата страна.

През 1994 г. в Дубна беше открит Международен университет „Природа, общество, човек”. Самото название на университета показва неговия новаторски дух – постигане на единство в науките за природата, обществото и човека. Понастоящем в университета се обучават около 4000 студента. Присъствието на толкова много студенти още повече освежава атмосферата на града. Показателни в това отношение са впечатленията на един руски специалист (Ю. Магаршак), завършил Ленинградския университет, през 1988 г. емигрирал в САЩ и издигнал се до президент на Нюйоркската фирма за технологични продукти. Посещавайки Дубна през 2003 г. той споделя:

„Обстановката в Дубна ме порази – тук видях онова, което никъде не съм виждал, включително и в Америка. Аз видях покой в съчетание с духовен живот. Аз не искам да противопоставя Америка на Русия, става дума за такъв важен нюанс като ренесансност на духа.

В Дубна особено ме изумиха – и в Дома на учените, и в университета – светлите лица на момчетата и момичетата. Имах усещане за пътешествие с машина на времето. Всичко ми напомняше на Атина в епохата на Перикъл... В Дубна съществува

ясен оазис на нормално човешко обичуване, на интелект. Оазис не в смисъл на пустиня, а оазис във Времето.”

Въпреки че съм живял в Дубна преди 40 години, и тогава, и през следващите многократни командировки до ОИЯИ съм усещал онази особена благоприятна обстановка в града и Института, стремял съм се да извлека максимална полза от моето пребиваване там. До голяма степен на Дубна и ОИЯИ дължа всичките си постижения в науката и образованието, степените и званията, признателността на колегите и обществеността.

В заключение, още веднъж ще си позволя да цитирам авторитетни български физици, оценяващи значението на ОИЯИ за развитието на нашата наука.

Професор Иван Златев: *„Сътрудничеството с Дубна ни позволи да създадем и у нас нова физика, да преминем от „островни” позиции, затворени в рамките на националните школи и традиции, с недостатъчно осигурени материални ресурси, на „континентално” ниво. Работата в Дубна ни позволи да излезем на челните направления в научното търсене...”*

Ще завърша с оценката, направена от академик Венцислав Андрейчев на събранието по случай 40-годишния юбилей на ОИЯИ. Правейки равностойка на българското участие през годините 1956-1996, той заяви:

„Значението на членството в ОИЯИ за нашата страна е неоценимо. През годините там са работили повече от 300 български физици, математици, химици, инженери, биолози и др. В Дубна от българи са защитени 65 кандидатски и 14 докторски дисертации; още 15 докторски и много кандидатски дисертации са защитени у нас върху материал, получен там. За срок от три и повече години в Дубна са работили 5 наши академици и член-кореспонденти, десетки професори и доктори на науките. Стотици българи, работили в Дубна, впоследствие са ръководители на институти, катедри, звена, реализирали са се като водещи изследователи и преподаватели в БАН, Софийския университет, Пловдивския университет и много други ВУЗ...

Преди 40 години специалистите по ядрени изследвания у нас са се брояли на пръстите на едната ръка. Днес изтъкнатите специалисти по ядрените науки и сродни специалности, възпитаници на Дубна, представители на научния потенциал на нацията, са многобройни. Едно такова богатство (аз смятам, че научният потенциал е най-голямото богатство на една нация) ние дължим при досегашните исторически условия до голяма степен на членството на България в Обединения институт за ядрени изследвания в Дубна.”

СТО ГОДИНИ ОТ СЪЗДАВАНЕТО НА ОБЩАТА ТЕОРИЯ НА ОТНОСИТЕЛНОСТТА

Интервю с професор Стойчо Язаджиев

През ноември 2015 година се навършват сто години от знаменития доклад на Алберт Айнщайн пред Пруската академия на науките, на който той представя уравненията, които днес наричаме полеви уравнения на Общата теория на относителността (ОТО). Това събитие често се счита за рождения ден на ОТО, която и до днес остава най-доброто описание на гравитационното взаимодействие. По този повод Редакцията на списание „Светът на физиката“ се обърна с молба да отговори на няколко въпроса към известния наш специалист в ОТО **Стойчо Язаджиев**, професор във Физическия факултет на Софийския университет „Климент Охридски“. Отговорите, които Стойчо даде на представител на колегията, публикуваме по-долу.



„Светът на физиката“: Какво означава една теория, в случая Общата теория на относителността, да издържи сто години?

Това означава, че всички експерименти, на които е била подложена тази теория, са преминали успешно. До момента, разбира се, тези експерименти са вече хиляди.

СФ: Общата теория на относителността е формулирана през 1915 г.

Проф. Стойчо Язаджиев от Алберт Айнщайн. За много хора, включително физици, ОТО е творение на един учен?

Не единствено от Айнщайн. Няколко души извършват синтеза на Общата теория на относителността. Това са Херман Минковски, Марсел Гросман, Давид Хилберт – и тримата немски математици, и Алберт Айнщайн. Тези четирима души са изиграли ключова роля при създаването на теорията. Всъщност, благодарение на математиците е направен големият пробив. Айнщайн не е бил толкова добре подготвен по математика, по това време не е знаел за диференциална геометрия и тензорен анализ и човекът, който съществено му е помагал, е Марсел Гросман – негов състудент. По-късно се включва Давид Хилберт – един от най-великите математици на всички времена.

Формално се смята, че Общата теория на относителността е създадена през 1915 г., но разбира се, това е бил един дълъг процес.

От 4 до 25 ноември 1915 г. Айнщайн изнася поредица от семинари в Берлин, пред Пруската академия на науките, като всеки следващ семинар отрича предишния. Благодарение на кореспонденция с Хилберт, той успява да изведе уравненията. Фактически Хилберт първи ги извежда – на 20 ноември в Гьотинген, а на 25 ноември Айнщайн докладва верните уравнения на гравитационното поле.

Ако с няколко думи се опитаме да изразим какъв е физическият смисъл на Общата теория на относителността, можем съвсем грубо да кажем, че съгласно нейните постулати нямаме отделно пространство и отделно време, а имаме един общ континуум, наречен пространство-време. Присъствието на материя изкривява пространство-времето. Всъщност това изкривяване е гравитацията. Т.е. гравитацията не е сила, както в класическата Нютонова физика, по-скоро може да се разглежда като свойство на пространство-времето.

Разбира се, говорим на популярен език в момента, но можем да кажем, че гравитацията е проява на кривината на пространство-времето.

СФ: Изкривяването на времето означава, че колкото е по-тежко едно тяло, толкова повече времето около него се забавя?

Точно така. Какво означава изкривяване на пространство-времето? Има няколко ефекта, които могат интуитивно да дадат тази картина на изкривяване. Първо, близо до масивни обекти времето започва да тече по-бавно. Другите ефекти са свързани с това, че самото изкривено пространство влияе върху разпространението на светлинните лъчи. Има закривяване на светлинните лъчи около масивни тела. В някакъв смисъл тези тела играят ролята на лещи. Появява се т.нар. ефект на гравитационната леща.

СФ: Казвате, че експериментите потвърждават теорията. Разкажете за някой от тези експерименти.

Последният голям и доста скъп експеримент беше проведен от НАСА – Gravity Probe B. Той струваше около 800 милиона долара. Спътник, изведен на орбита около Земята, трябваше да измери т.нар. „ефект на Лензи-Тиринг“, който е следствие на Общата теория на относителността. Теорията предсказва увличане на инерционната отправна система поради въртенето на Земята и изкривяване на пространство-времето. Ефектът се изразява в това, че жирокоп в спътника трябва да прецесира по определен начин. Спътникът на НАСА успя да измери това прецесиране с голяма точност. Това потвърди за пореден път уравненията на Общата теория на относителността.

СФ: А някой от първите експерименти?

Един от първите експерименти е този на Артър Едингтън през 1919 г. Той пътува до Африка, за да измери изкривяването на светлинните лъчи около Слънцето по време на пълното слънчево затъмнение на 29 май 1919 г. Това е първото потвърждение на Общата теория на относителността. При тази експедиция е засечен ефектът на гравитационната леща, което пък води до бума на Общата теория на относителността.

СФ: Ние, физиците, учим студентите си да не следваме слепо авторитети и да

подлагаме всичко на съмнение и проверка. В годините са предлагани алтернативи на ОТО, които, разбира се, също са били в съгласие с тези експерименти. Бихте ли посочили някои от най-сериозните конкуренти на ОТО и какви по-късни експерименти/наблюдения са довели до тяхното отхвърляне?

Изучаването на алтернативни теории на гравитацията е също е толкова важно, както и изучаването на ОТО. Чрез алтернативните теории на гравитацията могат да се формулират много фини тестове на ОТО, които на практика е невъзможно да забележите, ако работите само с ОТО. Има много алтернативни теории, които са били отхвърлени от експериментите и наблюденията, но има и такива, които са в пълно съгласие с всички познати експерименти и наблюдения. Пример за такива жизнеспособни теории са скаларно-тензорните теории на гравитацията. В тези теории преносителят на гравитационното взаимодействие е не само метриката на пространство-времето, но и допълнителни скаларни полета.

СФ: Как съжителстват класическата Нютонова физика и физиката на Общата теория на относителността?

Нютоновата теория е граничен случай на Общата теория на относителността. Когато полетата са слаби, когато кривината на пространство-времето е много малка, тогава Нютоновата физика е добро приближение на Общата теория на относителността. Това е светът на нашето ежедневие. Ние не можем директно да усетим ефектите на Общата теория на относителността, но има системи, които ги усещат. Например GPS-ите имат корекции от Общата теория на относителността. Това позволява позициониране на земната повърхност с много голяма точност.

СФ: Т.е. имаме чисто практическо приложение на теорията?

Разбира се. Нещо повече, ако говорим за чисто практическо приложение, освен тези, които вече се правят и използват, Общата теория на относителността е единствената надежда на човечеството да пътува до далечни звезди, да излезе извън Слънчевата система.

Имаме максимална скорост (скоростта на светлината) и тя не може да бъде надвишена. Представете си колко време и колко гориво ще ни е необходимо за да стигнем до друга звезда... Невъзможно пътешествие.

В Общата теория на относителността обаче има решения – т. нар. „пространствени тунели“, които позволяват, ако човек в космически кораб се движи по тях, да достигне до съседна звезда или съседна галактика за много кратко време.

СФ: Считате, че преминаването през хиперпространството не е съвсем фантастика?

Да, това го има в Общата теория на относителността. Разбира се, човечеството не е достигнало до технологичното ниво, което да му позволи да осъществи подобни пътувания, но теоретично те са възможни.

Съществуването на тези тунели е забелязано веднага след оповестяването на Общата теория на относителността. През 30-те години самият Айнщайн, заедно със свой сътрудник, работи по този въпрос.

Ако обобщим, това е теоретична възможност за напускане на Слънчевата система.

СФ: Не мога да не Ви задам въпрос и за „черните дупки“. Какво представляват те и какви са последните постижения в изясняване на техните свойства?

Според Общата теория на относителността, ако една масивна звезда с достатъчно голяма маса изчерпи своето ядрено гориво, вече нищо не може да се противопостави на гравитационните сили. Звездата започва да се свива под тяхното въздействие и когато премине определен радиус на свиване – „радиуса на Шварцшилд“, тя губи връзка с околния космос и се превръща в „черна дупка“. А сферата, която чисто комуникационно разделя материята вътре в звездата от външната материя, се нарича „горизонт на събитията“. Черните дупки са гореща тема в съвременната гравитационна физика и мисля, че сте останат такава още дълго поради уникалните си свойства. Черните дупки, освен че са определен тип пространствено-времени структури, проявяват също и термодинамични свойства – имат температура, ентропия и излъчват квантови частици (т.нар. излъчване на Хокинг). Един от най-важните съвременни астрофизични проекти, свързани с черните дупки, е наблюдението на техните сенки, които съдържат уникална информация за самите черни дупки и силното гравитационно поле около тях.

СФ: Има ли доказателства за съществуването на „черни дупки“?

Формално има доказателство. По този въпрос се работи много сериозно. Например от Института за експериментална физика „Макс Планк“ през 2002 г. дадох сериозно доказателство за съществуването на „черни дупки“. Освен това, експериментатори и наблюдатели астрономи издигнаха хипотезата, че в центъра на всяка галактика има свръхмасивна черна дупка. За това има сериозни аргументи и сериозни наблюдателни данни. Но не е 100% сигурно, експериментите в тази посока продължават. Тази област е в непрестанно развитие и всички с интерес чакаме новите данни.

СФ: В Общата теория на относителността става въпрос и за разширяващата се Вселена?

Да, като следствие на теорията. Историята тук е също доста интересна и комична. Айнщайн е повлиян от религиозните постулати, че Вселената, създадена от Бог, остава статична и непроменена во веки веков. За да получи такова решение на Общата теория на относителността, той въвежда т.нар. „лямбда член“, за да осигури статичност на Вселената и непроменяемост във времето. Смятан първоначално за грешка, по-късно се оказва, че този „лямбда член“ най-вероятно присъства в природата и Айнщайн е бил прав.

Малко по-късно, през 1922 г., руският физик и математик Александър Фридман намира решение на уравненията на Айнщайн, които описват динамична Вселена. Така, чисто математически, Фридман предсказва разширяващата се Вселена. За съжаление, той не доживява да види триумфа на идеите си. След още седем години Едуин Хъбъл и други учени доказват, че Вселената наистина се разширява, което е и триумф на Общата теория на относителността.

СФ: Да попитаме и за „тъмната енергия“. Какво представлява тя?

Засега никой не знае. Тя е загадка. Това, което се откри след 1999 г., е фактът, че

Вселената не само се разширява, но се разширява ускорено. И трябва да има материя, която да предизвиква това ускорение. Материята, която предизвиква това ускорение, се нарича „тъмна енергия“. Като използваме уравненията на Айнщайн и като знаем експерименталния факт, че Вселената се разширява ускорително, може да се направи заключението, че съществува материя, наречена „тъмна енергия“, която ускорява Вселената. Всъщност това, което наричаме „светла материя“, представлява само няколко процента от общата маса на Вселената.

Ако това е вярно, а данните показват, че е вярно, това означава, че всъщност нищо на знаем за Вселената. Което е и добре, и зле. Добре – защото е ново предизвикателство пред науката, и зле – защото не знаем.

Но науката е такава – тя винаги изненадва и никога не върви по пътища, които са очаквани.

СФ: Десетилетия усилия за създаване на квантова теория на гравитацията засега не доведоха до решителен успех. Кои от съвременните подходи според Вас имат по-сериозни шансове за успех?

Създаването на квантовата гравитация е нещо изключително сложно. Изобщо не е ясно как да се квантува гравитационното поле и дали изобщо е необходимо да се квантува. Стандартният подход към квантовата гравитация, т.нар. примкова квантова гравитация (loop quantum gravity), е по-скоро провал, въпреки опитите за реклама на този подход. Честно казано, тук теорията е в задънена улица. Не вярвам в скоро време да има сериозен пробив в тази област.

СФ: Между физиците напоследък се разпространява упорит слух, че проектът LIGO е регистрирал гравитационни вълни. Ако слухът е верен, очаквате ли този експериментален успех да доведе до напредък и в теорията и по какъв начин?

Вътрешната информация, която имам, е, че LIGO наистина е детектирал директно гравитационните вълни. Резултатите в момента се обработват и официалната публикация ще излезе след няколко месеца. Директното детектиране на гравитационните вълни ще е революция във физиката. Гравитационните вълни ще ни дадат възможност да изучаваме Вселената по коренно нов начин. Чрез тях ще можем да виждаме там, където е невъзможно, чрез електромагнитни вълни. Те ще положат началото на нови области във физиката, а именно гравитационно-вълновата астрофизика и астрономия.

Светът на физиката

Посетете нашия сайт
www.fpni.eu

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

**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО
„АКАДЕМИК ГЕОРГИ НАДЖАКОВ“**

**НАУЧНО ОБОРУДВАНЕ ПО ПРОЕКТА ИНЕРА:
ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДИ ЗА ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ**

**ЕЛЕКТРОХИМИЧНА СИСТЕМА ЗА
ИМПЕДАНСНА СПЕКТРОСКОПИЯ
АВТОМАТИЗИРАНА МИКРОФЛУИДНА
СИСТЕМА И КОМПАКТЕН ЦИТОМЕТЪР**

В периода 27-29 октомври 2015 г. в София Институтът по физика на твърдото тяло към БАН организира третия обучителен семинар по проект ИНЕРА – „REGROT-2012-2013-1 NMP ПОВИШАВАНЕ НА НАУЧНИЯ И ИНОВАЦИОННИЯ КАПАЦИТЕТ НА ИФТТ-БАН В ОБЛАСТТА НА МНОГОФУНКЦИОНАЛНИТЕ НАНОСТРУКТУРИ“, част от Седма рамкова програма за научни изследвания на ЕС.

Темата на семинара „НАУЧНО ОБОРУДВАНЕ ПО ИНЕРА: ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДИ ЗА ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ“ предизвика голям интерес сред участниците – научни работници от ИФТТ, от други научни и изследователски институти, както и представители на бизнеса.

На третия обучителен семинар беше представена апаратурата:

Електрохимична система за импедансна спектроскопия

В рамките на проекта ИНЕРА в ИФТТ-БАН е доставена съвременна апаратура за изследвания в областта на електрохимията SP-200 на фирмата Bio-Logic. Модерната модулна експериментална установка представлява потенциостат и галваностат в един уред. В нея са комбинирани най-новите технологични постижения, което в съчетание с отличните й параметри я прави универсален прибор за изследвания в областта на електрохимията.

Електрохимичната система позволява измерването на основни електрохимични параметри и характеристики като: цикловолтамограми, волт-



Електрохимична система за импедансна спектроскопия, SP-200, Bio-Logic

амперни характеристики, импедансни спектри, импулсни измервания и др. както в потенциостатичен, така и в галваностатичен режим. Тя е закупена с допълнителна сонда за ултранисък ток, което разширява обхвата на тока от 500 mA до 1 pA, с възможност за прилагане на допълнително напрежение в обхвата ± 10 V. Апаратурата осигурява възможности за провеждане на научни изследвания, използвайки метода на импедансната спектроскопия, в честотния диапазон от 10 μ Hz до 3 MHz. SP-200 е оборудвана с различни специализирани филтри за премахване на електромагнитните смущения, които могат да влошат качеството на измерванията. Мобилността на апаратурата позволява провеждане на изследвания, свързани с корозионни процеси в реална среда. Сондата за ултранисък ток, от друга страна, разширява възможностите за измервания на бавнопротичащи корозионни процеси.

Области на приложение:

- електрохимия;
- нанотехнологии;
- биотехнологии;
- електролиза и електросинтез;
- изследване на корозия върху покрития;
- фотоволтаици;
- горивни клетки и батерии.

Автоматизирана микрофлуидна система и компактен цитометър

CellASIC™ ONIX на Merck Millipore е инсталирана към наличен в ИФТТ-БАН инвертиран микроскоп. Автоматизираната микрофлуидна система дава възможност за широк клас изследвания на кинетиката на различни биологични обекти и автоматизирано проследяване и анализ на процеси, протичащи в живи клетки в продължителен времеви интервал. Иновативната технология на закупеното устройство позволява:

- извършване на висококачествена микроскопия на клетъчни култури;
- максимален контрол на клетъчната среда;
- изключително прецизна перфузия (контролируемо впръскване на активни съставки в околклетъчната среда);
- работа в различна газова среда.

Апаратурата разполага със специализиран софтуер, предоставящ възможност за предварително задаване на условията на измерване, като по този начин отпада необходимостта от постоянно присъствие на оператор. Новопридобитата платформа е единствена в България и предлага разнообразни приложения в редица изследователски области – от микробиологията през биофизиката до медицината.

Области на приложение:

- анализ на клетъчни култури;
- локализация на протеинови молекули и морфология на липидни мембрани;
- изследване на кинетични процеси в разтвори;

- изследване на термотропни течностно-кристални системи;
- изследване на процеси на клетъчна миграция;
- изследване на вътрешноклетъчни процеси като митоза и апоптоза (необратими клетъчни промени).



Микрофлуидна система
CellASIC™ ONIX,
Merck Millipore



Цитометър
Scepter 2.0,
EMD Millipore

Проектът ИНЕРА по 7 РП на ЕС има за цел да се повишат и консолидират съществуващите знания и опит в Института по физика на твърдото тяло, както и в други институти на БАН и на Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“ в областта на науката и технологиите на тънкослойни магнитни, диелектрични и полупроводникови материали и структури на тяхна основа. Подкрепени от теоретични изследвания и математическо моделиране, разработените новофункционални планарни наноматериали се оптимизират за иновативни приложения в наномедицината, акусто– и микроелектрониката, слънчевата енергетика, еко-сензорната техника и др. За успешното и ефективно реализиране на тези дейности допринасят и партньорите по проекта, които са 8 утвърдени научни института от Великобритания, Холандия, Германия, Швеция, Полша, Румъния и Италия. Формират се международни колективи за обмяна на опит и съвместни научноизследователски дейности по актуални проблеми на съвременните технологии в областта на физиката на твърдото тяло.

ЗА ЖЕНИТЕ В НАУКАТА „СВЕТЪТ СЕ НУЖДАЕ ОТ НАУКА, НАУКАТА СЕ НУЖДАЕ ОТ ЖЕНИ”

Това е мотото на Програмата на L'Oréal и ЮНЕСКО “За жените в науката”. Това е една уникална, пионерска програма за промотиране на жените в науката, които чрез работата си допринасят за преодоляване на предизвикателствата от утрешния ден.

Създадени през 1998 г., наградите на L'Oréal и ЮНЕСКО “За жените в науката” са първите международни награди, посветени на жените учени в целия свят. Тези награди имат за цел да затвърдят позициите на жените в науката чрез награждаването на изключителни жени изследователки, които са допринесли за развитието на науката. Наградите “За жените в науката” всяка година отличават пет водещи изследователки, по една от всеки континент, с престижна награда от до 100 000 щатски долара като признание за техните революционни постижения. Тези жени са на върха в своята изследователска сфера. Изтъкнати учени от целия свят са поканени да кандидатстват, а международно жури от прочути учени, председателствано от носители на Нобелова награда, прави окончателния подбор. Лауреатите служат за пример на бъдещите поколения и насърчават младите жени по света да следват техните стъпки.

Следвайки своята цел да стимулира и насърчава жените в тяхната научна кариера, партньорството “За жените в науката” създава и глобална мрежа от **Международна, Регионална и Национална стипендиантска програма, за да подкрепи младите жени, които представляват бъдещето на науката.**

Международните стипендии като част от програмата “За жените в науката” на L'Oréal и ЮНЕСКО са създадени през 2000 г., за да определят и наградят петнадесет заслужили, всеотдайни и талантлив млади жени от целия свят, притежатели на докторска или пост-докторска степен, активни в сферата на природните науки. Стипендиите се управляват на международно ниво, с цел да се гарантира балансирано географско участие – максимум по три млади жени от всеки от петте геокултурни региона в света всяка година получават стипендии. Международните стипендии се присъждат, за да помогнат на обещаващи жени учени да заемат изследователски позиции в други страни, да предприемат изследователски проекти извън техните родни страни в някои от най-престижните лаборатории в света. Те насърчават международното научно сътрудничество и развитието на межкултурни мрежи.

Създадени от дъщерните дружества на L'Oréal по света с подкрепата на Националната комисия за ЮНЕСКО, **националните стипендии “За жените в науката”** са предназначени основно да предоставят възможност на жени с докторска степен да провеждат научни изследвания в тяхната родна страна. Всяка национална стипендия подпомага жените учени в критичен момент от тяхната кариера да продължат своето изследване чрез предоставената им стипендия. Стипендиите са предназначени

да осигурят практическа помощ на победителите за извършване на изследователска дейност в избраните от тях области. Друга важна част от стипендиантската програма са подкрепата, обучението и възможностите за създаване на контакти, които тя предоставя. Стипендиантите създават ценни приятелства и връзки, които могат да се превърнат в интересни сътрудничества и публикации и по-висока оценка на работата им. Националните стипендии “За жените в науката” в България са създадени през 2010 г. Стипендиите са награди, предоставени от партньорството между L'Oréal и Националната комисия на България за ЮНЕСКО с подкрепата на трети партньор за България – Софийския университет “Св. Климент Охридски”. Стипендиите, предназначени да предоставят практическа помощ на победителите за предприемане на изследователска дейност в избраните от тях области, се присъждат всяка година на две изключителни изследователки в България.

Националната стипендиантска програма “За жените в науката” в България

Националната стипендиантска програма “За жените в науката” в България е създадена в рамките на международното партньорство между L'Oréal и ЮНЕСКО. Стипендиите се връчват в рамките на това партньорство от L'Oréal България с подкрепата на Националната комисия за ЮНЕСКО в България и Софийския университет “Св. Климент Охридски”.

През 2015 г. стипендиантската програма „За жените в науката” отбеляза своя 5-годишен юбилей в България. На официална церемония в Националната библиотека „Св. св. Кирил и Методий” на 27 октомври 2015 г. бяха наградени лауреатите в 5-ото юбилейно издание на програмата. Това са:

1. Д-р Антония Вълчева – главен асистент в Катедра „Астрономия” на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски”. През ноември 2008 г. тя защитава дисертация на тема „Изследване на звездни населения и екстинкция в галактики от Местната група”. От 2008 г. до момента Антония Вълчева заема последователно длъжностите физик, асистент и главен асистент в Катедра „Астрономия” на СУ. Титуляр е на курсовете по Обща астрофизика, Извънгактична астрономия, Звездни атмосфери и Междувъздушна среда. Основна линия в научната работа на д-р Вълчева е изследването на променливи обекти в галактиката M31, по-известна като галактиката Андромеда. Антония Вълчева е член на българската група за търсене на



нови звезди в М31, която съществува от 2004 г. и до момента е откривател на 10% от всички нови, открити в тази галактика, като разполага с наблюдателни данни за ~50% от тях. Научната ѝ дейност включва участие в международните кампании на WholeEarth Blazar Telescope (WEBT) чрез оптични наблюдения на определени интересни галактични ядра – блазари и квазари.



2. Д-р Деница Теофанова – главен асистент към Катедра „Биохимия“, Биологически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. През 2011 г. тя получава образователната и научна степен „Доктор“, защитавайки дисертационен труд на тема „ДНК полиморфизми, определящи популационните групи на чернодробния метил *Fasciola hepatica* от Източна Европа“. До 2014 г. заема последователно длъжностите асистент и главен асистент в ИБЕИ-БАН, а от 2014 г. води практически занятия по „Биохимия“ и „Биокатализа“, както и лекции по „Метаболизъм и функционална биохимия“ в СУ „Св. Климент Охридски“.

Научноизследователската дейност на д-р Теофанова е насочена към прилагането на различни молекулни маркери, които имат за цел да изяснят генетичния произход, еволюция и филогенетични взаимоотношения на различни групи организми. Настоящите ѝ изследвания са съсредоточени към интегрирането на геномиката и молекулярната биология към растителната биохимия, поставяйки акцент върху идентифицирането на молекулни маркери за стресова толерантност и използването им в маркер-асистирана селекция на устойчиви сортове.



3. Д-р Мария Соскова – доцент към катедра „Математическа логика и приложенията ѝ“ във ФМИ на СУ „Св. Климент Охридски“. През 2008 г. тя защитава дисертация в университета на Лийдс, Великобритания. От 2008 г. работи в СУ „Св. Климент Охридски“, като през 2012 г. става доцент. В периода 2012–2015 г. д-р Соскова е стипендиант по програмата „Мария Кюри“ на Европейската комисия и прекарва първите две години от този

период на специализация в Калифорнийския университет „Бъркли“. От 2014 г. тя

е преподавател и ръководител на магистърската програма „Логика и алгоритми“ в СУ „Св. Климент Охридски“. Научните изследвания на д-р Соскова са в областта на теорията на изчислимостта, на кръстопътя между информатиката и математиката, и по-специално в теорията на степените. Тя е автор на 30 научни статии в международни списания. През 2013 г., заедно с Христо Ганчев и логическата група в университета на Уисконсин – Мадисън, разрешава един от основните открити проблеми в теорията на номерционните степени. Резултатът е публикуван в „Журнал на Американската математическа асоциация“, едно от най-престижните научни списания по математика в света.

Ирина Бокова, генерален директор на ЮНЕСКО, изпрати поздравителен адрес, в който изрази радостта си от нарастващия интерес на жените в България към науката и стипендиантската програма. Поздравителен адрес беше отправен и от името на от проф. Иван Илчев, ректор на Софийския университет „Св. Климент Охридски“.

Имената на тазгодишните стипендианти бяха обявени от проф. Румен Панков, председател на Комисията за присъждане на стипендиите, а сертификатите бяха официално връчени от Бриджит Стрелър, генерален директор на L'Oréal България.

На официалната церемония бе обявен и стартът на новото шесто издание на Националната стипендиантска програма „За жените в науката“. Кандидатстването започна от 1 ноември 2015 г.

В стипендиантската програма за 2015–2016 г. могат да вземат участие жени от цяла България на възраст до 35 години, които учат по докторски програми или вече имат докторска степен и се занимават с научни изследвания в сферата на естествените науки.

Три стипендии, по 5000 евро всяка, ще бъдат присъдени на жени учени с цел да подпомогнат тяхната изследователска работа в България и да ги поощрят да продължат своята академична кариера.

Желаещите да участват в програмата могат да получат повече информация или да изтеглят необходимата за кандидатстване документация от <http://www.zajenitevnaukata.bg>.

За стипендиантската програма

- Три (3) годишни национални стипендии се връчват на жени учени от България с цел реализиране на значителни научни изследвания в областта на естествените науки в България.
- Стойността на всяка стипендия е 5000 евро, изплатена в български лева по курса на БНБ към деня на изплащането, и е предназначена за научни изследвания в България.
- Стипендиите се връчват на жени, записани или завършили докторантска или пост-докторантска степен.
- Стипендиите се връчват на учени до 35-годишна възраст. Кандидатури на лица, родени преди 1 януари 1980 г., няма да бъдат разглеждани.
- Кандидатите трябва да са български граждани.
- Стипендиите се връчват на избраните учени на публична церемония, на място

- и дата, допълнително определени от Протокола за съгласие между страните.
- Три (3) жени, които се занимават с научни изследвания, ще получат Стипендиите и те трябва да бъдат използвани за техни научноизследователски проекти в съответствие с подадените описания. Експериментите с животни са забранени. Кандидати, прилагали тестове с животни в своите проекти и изследвания, ще бъдат дисквалифицирани.

Процедура за кандидатстване

- Кандидатурите трябва да се представят чрез официалната форма за кандидатстване, която може да бъде свалена [тук: http://www.zajenitevnaukata.bg/Formuliar_za_kandidatstvanе_2015-2016.doc](http://www.zajenitevnaukata.bg/Formuliar_za_kandidatstvanе_2015-2016.doc) или получена в сградата на Националната комисия за ЮНЕСКО в България на адрес: ул. “Александър Жендов” 2, София 1113.
- Документите за кандидатстване трябва да съдържат следната информация:
- Формуляр за кандидатстване
- Допълнителна документация, включваща следните документи:
 1. Автобиография;
 2. Копия на дипломи и удостоверения за научни степени (оригинали на заверените копия ще бъдат изискани за преглед, ако кандидатът е одобрен за стипендия);
 3. Подробно описание (на една или максимум две страници) на предложението за научноизследователския проект, с акцент върху научните изследвания, които ще бъдат проведени през следващата година;
 4. Подробно описание (на една или максимум две страници) на изследователската работа на кандидата досега (описание на научната кариера и дейност);
 5. Препоръка от научния ръководител, професор, или от ръководител на научната организация, където ще се реализира проектът;
 6. Списък от важни публикации (ако е възможно, приложете копия от научни публикации);
 7. Рамка на предложен бюджет (на база на която кандидатът се състезава за стипендия).
- Всяка кандидатура трябва да бъде подписана от научен ръководител или отговорно лице (ръководител на отдел, в който кандидатът ще реализира изследователската си дейност).
- Кандидатурите трябва да се подадат до 15.02.2016 г. в Секретариата на Националната комисия на Р България за ЮНЕСКО в София на адрес: ул. “Александър Жендов” 2, София 1113, или да бъдат изпратени на имейл адрес snishkova@mfa.government.bg.
- Кандидатурите трябва да се адресират до председателя на Комисията за присъждане на стипендиите.

- Кандидатури и копия на Формуляра за кандидатстване, които ще бъдат подадени в електронен вариант, трябва да се изпратят в .pdf формат или компресирани с програма Win Zip. (Размерът на файла е ограничен до 5 мегабайта.)
- Кандидатурите трябва да бъдат изпратени или доставени до Националната комисия за ЮНЕСКО не по-късно от датата, посочена във Формуляра за кандидатстване.
- Кандидатурите трябва да бъдат озаглавени “Кандидатура за Национална стипендиантска програма “За жените в науката” и адресирани до председателя на Комисията (“До Председателя на Комисията за присъждане на стипендиите”).
- Кандидатури, които са непълни или подадени след крайния срок, няма да бъдат разглеждани.
- Подадените документи не се връщат на кандидатите.

Разглеждане на кандидатурите и Приемане на решение за присъждане на стипендиите

- След получаване на документите Секретариатът на Националната комисия за ЮНЕСКО предава кандидатурите на председателя на Комисията по присъждане на стипендиите.
- Кандидатурите се разглеждат от експерти, определени от Националната комисия за ЮНЕСКО, и партньори по проекта, които предоставят своето мнение на Комисията по присъждане на стипендиите.
- Комисията за присъждане на стипендиите трябва да вземе единодушно решение за кандидатите, избрани за получаване на стипендия.
- Комисията за присъждане на стипендиите трябва да обяви решението си за кандидатите, избрани за получаване на стипендия, в рамките на три месеца след крайната дата на конкурса.

Уведомяване на получателите на стипендия

- Получателите на стипендия, както и техните научни ръководители, ще бъдат уведомени лично и по имейл. Всички останали кандидати (които няма да получат стипендия) ще бъдат уведомени за резултатите от конкурса по имейл.
- Списъкът с получателите на стипендия ще бъде обявен на уебсайта и ще бъде разпространен чрез медиите, научните и други професионални мрежи.

Изисквания за присъждане на стипендиите:

- Целта на стипендиите е да подпомогнат финансово своите получатели за реализиране на научното изследване, представено в кандидатурата.
- Стипендиите се изплащат на техните получатели изцяло след официалната церемония по връчване на стипендиите и подписване на предварителен договор с L'Oréal България (до 30 дни, по банковата сметка, посочена във Формата за кандидатстване).
- Стипендиантите се съгласяват да реализират своето научно изследване за

период от една година в съответствие с представения проект и да продължат да провеждат изследвания в научните институции в България през този период.

- Стипендиантите се съгласяват да отбелязват и споменават стипендиантската програма във всяка публикация, свързана с това изследване.
- Стипендиантът трябва да уведоми председателя на Комисията в случай на промяна на работното място или на изследването, или при прекратяване на конкретния научен проект. След получаване на уведомлението Комисията ще реши дали тези промени са позволени.
- Стипендиантът се съгласява да бъде фотографиран, заснеман и интервюиран от медиите.
- Стипендиантите се съгласяват, потвърждават и приемат да бъдат фотографирани, заснемани и интервюирани от ЮНЕСКО и L'Oréal и/или от упълномощени от ЮНЕСКО и L'Oréal лица с цел презентирание на програмата “За жените в науката”, като тези снимки, видеоматериали и текстове ще се използват в публикации и в аудио-визуални медии включително, но не ограничено до печатни медии, телевизия, интернет, и включително тяхното разпространение до медиите по света.
- Стипендиантите специално упълномощават ЮНЕСКО и L'Oréal, пряко или чрез ангажиране на трети страни, да възпроизвеждат, представляват и използват техните имидж, име, отличия и титли по света за периода на разглежданите права.
- Стипендиантите трябва да уведомят и периодически да информират страните по проекта за хода и резултатите от съответното научно изследване, подкрепено от стипендиантската програма, и да представят доклад/отчет с описание на научното изследване, хипотезите и методологията на работа, както и постигнатите резултати.

Светът на физиката,
със съкращения от www.zajenitevnaukata.bg

ПОСЕТЕТЕ УЕБ-СТРАНИЦАТА НА
СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
НА АДРЕС:
<http://www.phys.uni-sofia.bg/upb>

ПРИНОСЪТ НА НЕСТОР МАРКОВ ЗА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА (1836 – 1916)

Г. Камишева

1. Увод

Българското възраждане [1] ражда училища, учители [2] и учебници [3], които подготвят участниците в освободението и изграждането на Българската държава. Историата на физиката и математиката в България до 1878 година [4] е история на обучението по тези предмети. От досегашните проучвания на учебното съдържание по физика и математика е установено наличието на начална, прогимназиална и гимназиална степен в българските светски училища много преди официално признатата им поява [5]. Цел на настоящата работа е да покаже приноса на Нестор Марков в обучението по физика и математика до освободението на България.

2. Обучение по физика и математика

Общото между българските светски училища до Освобождението е, че са предимно педагогически, т.е. предназначени са да обучават учители. Първите български светски училища, в които се преподава предметът физика, са отворени в началото на 19 век [5]. До 1835 година организацията им е по гръцки образец, като обучението в тях е разделено на степени, а не на класове. Макар класната система да е възприета за пръв път в Габрово през 1835 година [6–7], през 70-те години на 19 век все още има училища, в които тя не е въведена.

2.1. Начални училища

В началните училища физика не се преподава. Началният курс по математика включва действията събиране, изваждане, умножение и деление. Първите отпечатани буквари на български език (на кирилица) принадлежат на Марко Теодоров (1792) [8] и Петър Берон (1824) [9]. Рибният буквар на Петър Берон [10] включва някои метеорологични понятия в раздела “*физически сказания*”. Това са: пàра, облаци, мъгла, дъжд, градушка, сняг, роса и слана [11, с. 137]. В раздела “*Аритметика*” са въведени с арабски цифри действията събиране, изваждане, умножение и деление [8].

2.2. Прогимназиално обучение по физика и математика

Свидетелства за прогимназиално обучение в българските светски училища намираме в запазените програми и учебници. За прогимназиално обучение по физика свидетелстват отпечатаните съобщения през 20-те години на 19 век. Те съдържат програмите на Свищовското училище и на училището, създадено от Иван Селимински в Сливен (1828) [11 (с. 76), 12]. Най-ранни са изворите за училището на Емануил Васкидович (1795 – 30.09.1875), отворено в Свищов през 1815 година. От кондиката (1824) и програмата му се вижда, че то има две степени (начална и прогимназиална)

и в него са изучавани предметите аритметика, алгебра, физика, история, политическа икономика, география, анатомия и гръцки език [5]. Емануил Васкидович преподава в Свищовското училище 40 години (1815–1846 и 1854–1863). Той е бил краткотро учител в Плевен (184–1854) [12].

Прогимназиално обучение по физика пръв въвежда Емануил Васкидович [5]. За това свидетелства както програмата на Свищовското училище, така и запазеният учебник по физика от този най-ранен период, написан на гръцки език от Вардалахос през 1812 година и изпратен до Васкидович през 1817 година [12]. Точен критерий за разделянето на прогимназиалните от гимназиалните учебници по физика, отпечатани преди Освобождението няма. Обемът е един от възможните критерии. По този критерий прогимназиални са учебниците по физика, които съдържат само част от разделите. До Освобождението има издадени три непълни учебника по физика. Това са първата част на Найдено Геровия *“Извод от физика”* (1849) [13, с. 66-176], учебникът на Драган Василев Манчов (1824 – 16.05.1908) по *“граматика, география, всеобща история, аритметика, геометрия и физика”* (1862) [14] и *“Геометрия праволинейна, тригонометрия и статика”* (1871) на Ж. Ф. Оливие, преведена от Нестор Марков [П8].

Прогимназиалните учебници по математика съдържат дробни и пропорции. В тях са въведени действията степенуване и коренуване. В програмата е добавен предметът геометрия. Учебниците по математика на Христини Павлович (1833) и Неофит Хилендарски (1835) са предназначени за първите два прогимназиални класа (5–6 клас днес). Те включват действия с дробни, степенуване, пропорции и питагорова теорема. Учебникът по математика на Хрисант Сачан Николов (1845) е предназначен за трети прогимназиален клас (7 клас днес). В него са въведени действията степенуване и коренуване на втора и трета степен. Учебникът по геометрия на Веселин Груев (1867) е предназначен за първите три прогимназиални класа (5, 6 и 7 клас днес). В него са изяснени понятията линия, ъгъл, триъгълник, многоъгълник, кръг и изчисляване на тяхната обиколка, лице и обем [8].

2.3. Гимназиално обучение по физика и математика

Четири български гимназии са създадени до 1878 година. Това са главните училища в Пловдив (1846), Болград (1859), Габрово (1871) и Лясковец (1874). Първата българска гимназия е създадена от Найдено Геров в Копривщица през 1846 година, където той отваря самостоятелно педагогическо училище. Четири години по късно училището е преместено в Пловдив със статут на Централно епархийско училище, защото от всички християни в епархията се събирал налог за издръжка на училището. Първоначално училището се състои само от най-горните три класа IV, V и VI (осми, девети и десети клас днес). То се развива до пълна шесткласна гимназия за подготовка на учители и свещеници (1868), като към него е открито и начално училище, в което учениците му се учат да преподават [5].

2.3.1. Гимназиалните учебници по физика, издадени на български език до 1878 година, са пет. Това са пълните учебници по физика на Найдено Геров (1849) [13, с. 78-176], А. Гано (1869) [13, с. 264-281], Д. Шуберт (1872) [13, с. 281-289], Иван

Гюзелев (1874) [13, с. 293-368] и учебникът по астрономия, преведен през 1873 година от Димитър Поптонов Енчев (1841 – 29.04.1882) [15]. В тях са описани понятия, явления, закони и апарати от всички области на физиката. Физически задачи намираме в учебниците на Нестор Марков [П2, П8], а учебникът по физика на Иван Гюзелев съдържа първите физически формули (1874) [13, с. 293-368].

Гимназиалната програма по физика, съставена от Иван Гюзелев в Габрово през 1871 година, е тригодишна [13, с. 311-313]. Тя включва 33 теми по механика и акустика първата година (пети клас – 9 клас днес), 38 теми върху топлина и светлина за втората година (шести клас – 10 клас днес) и 32 теми от магнетизъм и електричество през третата година (седми клас – 11 клас днес).

В Копривщенското и в Централното епархийско училище в Пловдив Найдено Геров също преподава тригодишен курс по физика, като използва и двете части (отпечатаната и ръкописната) на своя учебник. Поради тази причина приемаме пълния учебник по физика на Найдено Геров за гимназиален. В отпечатаната първа част на *“Извод от физиката”* са разгледани: “общи свойства на телата, тежест, тегло, колебка (махало – б.а.), равновесие на тела водни ([х]идростатика), равновесие на тела въздухообразни, закон на Мариот, закон на Архимед, [х]идродинамика, движение на тела въздухообразни, сцепление, прилепание, пръгавина и акустика”. Описани са физическите апарати: барометър, “пневматична машина, магдебургски полукълба и сегнерово колело”. Втората част, която е запазена в ръкопис, включва въпроси от *“топлина, светлина, магнетизъм и електричество”* [13, с. 78-176].

Според въведения в настоящата работа критерий учебникът по физика на Д. Шуберт (1872) [13, с. 281-289], преведен на български език и отпечатан от Йоаким Груев, е гимназиален. Макар че има обем само 190 страници, в него са включени въпроси от всички раздели на физиката: общи свойства на телата, агрегатни състояния, хидростатика, *“въздухообразните тела”*, състав на атмосферния въздух (*кислород, водород и въглерод, въглена киселина*), акустика, топлина, светлина, магнетизъм, електричество и галванизъм. Сред показаните и описани 74 физически апарати има *“везни, казан за дестилация, нивелир, шадраван, въздушна пушка, сифон, проста смукалка, духало, Херонов чучур, ръчна помпа, въздушна помпа (пневматическа машина), пожарогасителна помпа, аеростат (балон), тръбило за говорене (високоговорител – б.а.), топломер”* (термометър – б.а.), парен двигател, плоско огледало, фокус, вдлъбнати и изпъкнали лещи, *“микроскоп, далекоглед, астрономически телескоп, камера обскура, фотография (дагеротипия), вълшебен фенер (латерна магия), око, магнит, магнитна подкова, магнитна стрелка, компас, електрическо махало, електростатична машина, електрическа искра, електрофор, Клейстова или Лайденска стъкленница (кондензатор – б.а.), волтов стълб (батерия – б.а.), галванически елемент, електромагнит, телеграфен апарат, морзова азбука и гръмоотвод”* [16].

Астрономията, наречена космография, е записана в програмата за шести клас (10 клас днес) на Габровската седемкласна гимназия през 1871 година. В нея са включени темите: *“вид и големина на земята, географска дължина и ширина, движение на*

земята около оста ѝ, за слънцето, движение на земята около слънцето, календар, за луната, движение на луната около земята, синодически месец, лунни и слънчеви затъмнения, за планетите, системите на Птоломея и Коперника, законите на Кеплер, за кометите и движението им, падащи звезди, неподвижни звезди, движение на слънчевата система” [13, с. 313].

2.3.2. Гимназиалните математически учебници, отпечатани на български език преди 1878 година, съдържат доказателства на алгебрични и геометрични теореми. Учебникът на Сава Радулов (1843) въвежда параметрични уравнения от втора и трета степен, ирационални числа, аритметична и геометрична прогресия (1843). Учебникът на Христо Ваклидов разглежда алгебрични изрази и неравенства (1859). В учебника на Нестор Марков за пръв път са включени разделите тригонометрия и стереометрия (геометрия в равнина и пространство) (1871). Пространствена геометрия намираме и в гимназиалния учебник на А. Давидов *“Кратка елементарна геометрия”*, преведен от Иван Гюзелев и отпечатан през 1873. В него са описани линии, равнини, ъгли, многостени, цилиндри, конуси и сфери в пространството [8].

3. Нестор Марков – биография

Сред българските възрожденски книжовници, по-голяма част от които са университетски възпитаници, има немалък брой самообразовали се учители. Пример за самообразование в областта на физиката е Йоаким Груев. В областта на математиката забележителни по своята яснота и точност са учебниците на Нестор Марков, на чийто живот и трудове ще се спрем по-подробно.

Нестор Марков Демирев (1836 – 11.12.1916) е виден български книжовник, държавник и учител. Той е роден в заможна семейство в село Криво поле (Иробас) на 20-ина километра от Хасково. По това време селото било българско, със 150 къщи, без училище и църква. В цялата Хасковска околия не е имало българска църква или училище, с изключение на околийския град, където църковната служба и училищата били гръцки. Първото българско училище в областта било отворено в родното село на Нестор Марков през 1848 година, когато той е на 12 години. Баща му Марко Несторов Демирев (1809/1810 – 1885) и майка му Димитра (Митра) Тянкова (1812–1892) имали 4 сина – Нестор (1836), Лозю (1840), Делчо (1845) и Господин (1849 или 1852) и една дъщеря Вълка (1838) [17, с. 16]. През 1850 година баща му подарил дворно място за построяването на църква в селото, в която службата започнала да се чете на български език [18].

3.1. Образование

Не всички въпроси около обучението на Нестор Марков са изяснени напълно. Има основание да се смята, че той е получил много над документираното с извори домашно и средно образование. Нестор Марков владел перфектно писмено и говоримо турски и френски език. Майка му знаела много добре турски език. Той учи 7 години в новосъздаденото българско училище в родното си село (1848–1855), в Коручешме, днес село Горски извор (1855–1856), в Хасково (1859–1862) и завършва Пловдивската

гимназия (1865–1866). По това време учебници и книги на български език се продавали на Узунджовския панаир и в книжарниците на Христо Г. Данов и Драган В. Манчов.

При Йоаким Груев в Централното епархийско училище в Пловдив Нестор Марков изучавал физика, математика, старогръцки, френски, турски и арабски език. Той посещавал също турското медресе (гимназия) и училището на протестантите, в което физиката се преподавала с демонстрации и упражнения заедно с антропология, физиология, философия, алгебра и френски език. В препоръка до Плевенското училищно настоятелство Йоаким Груев посочва (1867), че Нестор Марков е *“снабден с всичките елементарни науки”* на български, турски и френски език [17, с. 50].

Възможно е Нестор и Левски да се познават от времето на учението му в Пловдив. Нестор Марков учи известно време в Рилския манастир. Според Никола Ганчев Еничаров той е бил и в Бенедиктински манастир, където изучавал богослужение и латински език. Тъй като се опитал да избяга от манастира, бил затворен за покаяние. След като известили д-р Чомаков, тогава български представител в Цариград, той се застъпил за него, освободил го, дал му пари за път и го изпратил в Пловдив (1866) [17, с. 184].

3.2. Преподавателска дейност

Нестор Марков работи като учител 40 години (1867–1904). Учителства от 18-годишен първоначално в родното си село Иробас (днес Криво поле) (1856–1859) с годишна заплата от 400 гроша, в Харманли (1862–1865), Хасково (1866–1867), Плевен (1867–1870; 1872–1873), Русе (1870–1872), Габрово (1873–1876) и в Петропавловската семинария в Лясковец (1876–1877). След Освобождението е учител в Първа софийска мъжка гимназия (01.09.1887 – 01.07.1893) и в Русе (1893–1896).

Заради донос, че преподава гимнастика бил принуден да избяга от Харманли през 1865 година [17, с. 187-191]. В Хасково (1866–1867) учил децата на бунтовни песни, произнасял слова в църквата и сказки за българската история в училището, за което бил арестуван на 10 август 1867 година и затворен в Пловдив. Грозяла го смъртна присъда или заточение, но пловдивските първенци го освободили след 20 дни. Поради забраната да учителства в Одринския вилает, Йоаким Груев му дал препоръка до училищното настоятелство в Плевен [17, с. 185-186].

По това време в Плевен имало три мъжки училища: св. Николаевското, Долномахленското и Горномахленското. След като пристигнал в Плевен, Нестор Марков въвел класната система на обучение и френски език. Той иницирал отварянето на девическо училище, ограмотяването на занаятчиите, отделянето на училищното от църковното настоятелство, създаването на читалище (1 октомври 1869) и театрална трупа. През април 1869 година Васил Левски основал в Плевен революционен комитет, в който членувал и Нестор Марков [18].

Нестор Марков се преместил със семейството си в Русе през 1870 година, където преподавал математика, френски и турски език с годишна заплата 12 000 гроша. На 7 март 1871 година изнесъл доклад за *“Историята на земята”*.

В Габрово Нестор Марков преподавал френски език. В спомените си той пише, че на 2 май 1876 година (стар стил) по време на Априлското въстание началникът на

полицията в Габрово свикал учителите, отвел в конака Иван Гюзелев и го откарал още същия ден в Търново. Иван Гюзелев останал в затвора, защото признал, че в училището има физически телеграфен апарат, с който *“се сношавали комитетите”* [17, с.137]. Скоро след това (на 11 май 1876 година) Фазъл паша влязъл в Габрово с армията си. Нестор Марков, който говорел добре турски език, заедно с дядо Цоньо и Иван Сапунов отишли в конака да поздравят пашата. Те били изпратени с думите: *“Чорбаджилар, да пригответе вътре в два часа квартири за 4000 души аскер”* [17, с. 139]. Дядо Цоньо бързо решил: *“Даскале, иди да изпразниш училището за аскера, иначе ще нахлуят по къщи”* [17, с. 139]. Войската се настанила в сградата на гимназията. В спомените си за този ден Нестор Марков пише: *“Аз помолих едного юзбашия да не отваряме стаята дето беше физическия кабинет и той се съгласи ... прегледа с мене всичко и заключихме стаята като турихме печат с червен восък на вратата. Постави се караул, който да не пуца никого освен мене”* [17, с. 139]. Вечерта на 11 срещу 12 май 1876 година Фазъл паша повикал 19 габровски чорбаджии, от които поискал 20 хиляди гроша. Чорбаджиите подписали документ, че след идването на учителите *“Габрово станало гнездо на злонамерени против царицината хора”* [17, с. 152]. Така цялата вина била хвърлена върху учителите. На 12 май 1876 година деветимата учители от гимназията били затворени заедно с още 63 други габровци. Три дни по-късно, на 15 май 1876 година, жената на Нестор Марков му донесла в затвора 2 рубли с думите *“Не бойте се. Ние писахме на дядо Григория в Русчук да се застъпи за вас”* [17, с. 142]. Същия ден всички арестувани били отведени в Търновския затвор, откъдето ги освободили след два месеца. На Нестор Марков, Иван Гюзелев и Петър Генчев било забранено да учителстват в Габрово, поради което гимназията останала затворена до Освобождението. Търновската митрополия назначила тримата учители в Лясковец.

Семинария в Лясковец била отворена през 1874 година от митрополит Иларион Макариополски със средства на Търновската епархия. Петропавловската семинария имала два отдела – реален тригодишен и двегодишен богословски. След Априлското въстание в семинарията в Лясковец се преместили както учителите, така и учениците от Габрово. Там Иван Гюзелев преподавал физика и математика, а Нестор Марков – история, френски и турски език. Нестор Марков се канел да се пенсионира през 1893 година. Във връзка с това той изпратил свидетелството на митрополит Климент за учителстването му в Петропавловската семинария до Цани Гинчев, за да го *“поднесе на окръжния инспектор К. Вържаров да го завери”* [17, с. 123]. Поради приемането на нов закон пенсионирането му било отложено с 10 години.

4. Административни дейности

Нестор Марков бил висок и представителен. Той имал русофилски убеждения, заради които не бил добре приет от Стамболов и Фердинанд. Политическата му кариера започнала по време на освободителната Руско-Турска война (18.10.1877 – 21.01.1878) като преводач в щаба на генерал Гурко. След освобождението бил председател на комитетите в Хасково (1878) и Пловдив за обединението на България (движение Единство).

Нестор Марков участвал в създаването и дейността на Българския таен централен революционен комитет в Пловдив (1879). Работил в държавната администрация на Източна Румелия като секретар на околийския началник (префект) в Хасково по време на руското управление (1878 – 24.05.1879). По-късно бил главен секретар в Министерството на народното просвещение, околийски управител на Стара Загора (24.05.1879 – 29.08.1882) [17, с. 212-219], Търново (10.1882 – 1884), Русе (1884 – 09.1886), Варна (28.03.1901 – 24.08.1901) и Пловдив (13.08.1901 – 11.05.1903). През 1883 година за кратко изпълнявал длъжността временно управляващ Министерството на вътрешните работи в правителството на Леонид Соболев (04.04.1883 – 03.08.1883). Нестор Марков бил народен представител от Харманли в Третото велико народно събрание (19.10.1886 – 03.08.1887) и в Дванайсетото обикновено народно събрание (22.04.1902 – 31.03.1903) [19]. През 1878 година е награден със сребърен орден (Аненски) и медал на лента [17, с. 240, 242]. Два пъти е награждаван с орден Свети Станислав втора степен през 1880 година [17, с. 248, с. 250] и с орден Света Анна втора степен (1901) [17, с. 254].

5. Книжовна дейност

Книжовната дейност на Нестор Марков е високо оценена приживе. Той започва литературните си занимания като учител и продължава да пише и след пенсионирането си през 1904 година. Отпечатва 38 заглавия, сред които има 7 учебника (претърпели 11 издания), 2 речника (с 5 издания) и статии, които популяризират геологията, астрономията и метеорологията. За многократно преиздадените и усъвършенствани френско-български речници е получил орден за заслуги към Френската академия на изящните изкуства (01.03.1903) [17, с. 82]. Освен турската граматика [П4] е написал, превел и издал и 3 учебника по математика [П1 (1869), П2 (1869), П8 (1871)]. През май 1871 година Нестор Марков, Цани Гинчев (1832 – 27.06.1894) и Димитър Енчев отварят книжарница в Русе [17, с. 55].

Нестор Марков се оженил за Екатерина хаджи Константинова, дъщерята на богатия плевенски търговец Константин хаджи Паков (1802–1885) [17, с. 120]. Те имали 6 деца – 5 момчета: Светослав, Константин (Костадин), Марко, Владимир (Мирко) и Иван, и едно момиче Параскева (*“Бицата”*). Когато дъщеря им станала на 15 години, Нестор Марков я завел да учи 4 години (1889–1893) във френския католически девически колеж в Цариград (Notre Dame de Lion), управляван от образовани баронеси калугерки. Обучението било изцяло на френски език. Според Нестор Марков пансионът бил скъп, защото той плащал месечно по 5 турски лири, а заедно с другите разноски издръжката излизала годишно по 1600 златни лева. В писмо до Цани Гинчев през май 1893 година Нестор Марков пише, че дъщеря му се е завърнала *“мома в къщи”* след като е завършила и взела диплома, заверена във френското и в българското посолства в Цариград. Може да се предполага, че тя е помагала на баща си при подготовката на речниците му. Нестор Марков пише в едно писмо: *“тя много добре говори и пише френски, много ми е полезна в много случаи”* [17, с. 126]. При пътуването на Нестор Марков до Цариград през 1889 година турските власти го затворили и обвинили в

шпионаж. Той бил освободен след намесата на д-р Вълкович и Григор Начович от българската легация в Цариград.

Бележитият български учител и книжовник Нестор Марков починал в София на 80-годишна възраст (11.12.1916). Днес една улица в Плевен и основното училище в с. Криво поле носят името му. Паметни плочи за него са поставени в Хасково и в Криво поле. В негова чест са организирани възпоменателни сесии в Хасково по повод 150 години от рождението му (19.11.1986) и по повод 170-ата му годишнина (04.09.2006).

5.1. Физическите знания в публикациите на Нестор Марков

Статията *“За средоточната земна топлина”*, отпечатана през януари 1870 година във вестник Турция [ПЗ], дава представа за интереси на Нестор Марков в областта на физическите науки. В нея се говори за *“минерална[та] кора”*, *“вътрешна[та] маса на земното кълбо”* и *“сплеснатата форма на Земята”*. Изказани са твърденията, че тя се дължи на въртенето *“около себе си”*. Друго твърдение е, че *“земята има във вътрешността си собствена топлина”*. Температурата на земната кора в дълбочина нараства на всеки 30 метра с 1 градус. Според автора *“Физиката и астрономията учат, че земята е по-плътна в своята вътрешност”* и там *“веществата се намират в разтопено състояние”*. В статията намираме твърдението, че под твърдата обвивка на земята се *“произвеждат и натрупват газове, течни и горливи вещества, които придружават ... вулканическите явления и рейзери (гейзери – б.а.)”* [ПЗ].

Пет физически задачи намираме в сборника на Нестор Марков *“Собрание аритметически задатъци”* [П2]. В **Задача 356** от раздела за превръщане на мерни единици четем: *“Окръжността на земята при Екватора е разделена на 360 части, наречени градуси, от които всяка ако съдържа по 20 часове (1 час = 7500 аршина турски). Пита се за колко време пътник може да извърви земната окръжност при Екватора, ако да нямаше никакви препятствия и ако би извървявал на всяка минута по 100 аршина турски и ако той ся намира всякой ден по 8 часа на път”* [П2, с. 35]. Един турски аршин е равен на 68 см и е по-малък от руския, който е 71 см. Отговорът е 3 години и 56 дни. **Задача 368** от същия раздел е следната: *“Земята като обикаля около Слънцето описва в 24 часа път, който има 354 888 географски мили. Колко мили извървява в 1 минута”* [П2, с. 36]. В древния Рим 1 миля била равна на 1500 метра (1000 двойни стъпки). Морската миля е 1852 метра (една ъглова минута, 1/60 от 1 градус от земния екватор), а географската миля е 7420,43 метра. Отговорът е *“246 мили, 3 (в) и 75 (с)”*. **Задача 489** е от раздел дробни: *“Колко пъти скоростта на светлината е по-бърза от скоростта на гласа ако светлината извървява 1036827750 английски фута в секунда, а гласът 1107 1/4 английски фута”* [П2, с. 49]. Един фут е 30,48 см. Отговорът е *“936398 4258/4429 пъти”*. От същия раздел е и **задача 490**, в която е дадено, че *“Средното разстояние от земята до слънцето ся простира 20630754 географически мили, а до месечината 515161. Колко пъти първото разстояние е по-голямо от второто”* [П2, с. 49]. От безкрайни дробни е **задача 604**. В нея се казва: *“месечината свършува своя път около земята в 27,321,661 от деня следователно тя заобикаля 1000000 пъти в 27321661 дни. Намерете това отношение в по-малки числа”*. Отговорът е *“765 дни в 28 пъти”* [П2, с. 60].

Гимназиалният учебник на Оливие включва отделна глава от областта на физиката. Тя е озаглавена *“Статика”* и има самостоятелна номерация. В нея са разгледани 13 параграфа, разделени на две части. В първата част са дадени *“определение, съставни или равнодействащи на силите, които действат въз (върху – б.а.) една и съща точка, съставна или равнодействаща на успоредните сили, чифтове и момент на силите (момент на двойка сили – б.а.), скорост на движението – тежест, средоточие (център – б.а.) на тежестта”* [21]. Втората част е озаглавена *“за машините”*. В нея са разгледани *“възжената машина или ремъците, лоста, скрипецът, кросното или вретеното на тежестта, наведената площ (равнина – б.а.), витлото (менгемето), клина”* [21]. В края на всеки параграф са дадени физически задачи. Разделът статика завършва с обобщени *“задавки (задачи – б.а.) върх (върху – б.а.) статиката”* [21].

5.2. Математическите знания в публикациите на Нестор Марков

Нестор Марков издава три учебника по математика (един гимназиален и два прогимназиални).

“Малка аритметика” е първият прогимназиален учебник, написан от Нестор Марков. Той има две издания (1869 и 1872) на цена 3 гроша [П1]. Книгата е малка по обем и форма. Тя обхваща 11 глави и 104 страници. Състои се от три части (броене, смятане и търговия). Първата част включва: *“броене, десетично число, отвлечено дробно число, дроб”* [П1]. Разгледано е писане на числата с цифри и букви. Във втората част *“смятане”* са включени действията: *“събиране и изваждане на цели и съставни числа, умножение и деление на цели и съставни числа, произведение”*. Разгледани са *“аритметическите знакове, които се употребяват в четирите прости действия, смесени числа, превръщане, събиране, изваждане, умножение и деление на смесени числа”* Третата част включва: *“тройно правило, лихвено правило, правило за отбив, съдружествено правило”* [П1].

“Собрание аритметически задатъци (задачи – б.а.)” [П2] е прогимназиален сборник по математика. Първоначално е използван в българските училища в Плевен, Свищов, Ловеч и Русе за обучение както от 1–4 отделение на началните училища, така и в първи и втори клас на класните училища (днес пети и шести клас). В него са включени 1060 задачи с четирите аритметични действия събиране, изваждане, умножение, деление, просто тройно правило и степенуване на втора и трета степен. Учебникът има обем 192 страници. Предварително са закупени 406 сборника от спомоществатели по 10 гроша всеки. Обявата за издаването му излиза във вестник Дунав [20]. Нестор Марков използва при съставянето му сборника на J. J. Gremilet. Книгата е дадена в печатницата на Дунавската област на 15 юли 1869 година. По това време Нестор Марков е в Плевен. В предговора той пише, че по-голяма част от задачите са алгебрични и могат да се използват при изучаване на *“числителницата”*. В края на учебника са дадени отговорите на всички задачи и решенията само на *“тия задатъци (задачи – б.а.), на които условията са много мъчни за учениците”* [П2, с. 4]. Учебникът има 5 раздела, наречени *“отделения”*. Първият раздел съдържа задачи с цели числа. Той е озаглавен *“Задатъци (задачи – б.а.), които се отнасят до целите числа”* [П2,

с. 5]. В него са включени 240 задачи от действията събиране, изваждане, умножение, деление с цели безразмерни числа. Във втория раздел са разгледани мерни единици и действия с тях. Той е озаглавен *“Именовани и съставни числа”* [П2, с. 25]. В него са включени 150 задачи за превръщане на различни мерни единици и действията събиране, изваждане, умножение и деление с тях. Третият раздел разглежда действията с *“Дробни”* [П2, с. 39]. Включени са 215 задачи с прости, десетични и безкрайни дроби. Четвъртият раздел е озаглавен *“Отношения и свързаности”* [П2, с. 60]. В него са разгледани 93 задачи. Последният пети раздел е озаглавен *“Тройни правила”* [П2, с. 68]. В него са включени 362 задачи от пропорции (просто тройно правило), *“сложно тройно правило”*, *“правило за смещение”* и намиране на квадратни и кубични корени. Днес простото тройно правило се изучава в 6 клас, а квадратен и кубичен корен в 7 и 8 клас.

Преведеният от Нестор Марков учебник *“Геометрия праволинейна, тригонометрия и статика”* [П5] е гимназиален учебник по математика и физика на Ж. Ф. Оливие, професор по математика в колежа на гр. Троя (Франция). Преводът е с по-малък обем от оригинала, защото разделът алгебра (с обем 128 страници) е редуциран (до 5 страници). Оригиналният учебник на Ж. Ф. Оливие има обем 346 страници [21], а българският превод е с обем 216 страници. Съотношението между математическите и физическите глави е 1:1. На геометрията и тригонометрията са отделени 162 страници, а на статиката 155 страници. Нестор Марков пише, че са добавени няколко аритметични правила и доста задачи [17, с. 83]. Предварително спомоществатели са закупили 213 учебника по 21 гроша. Обява за отпечатването му е излязла във вестник Турция [22], а отзив за него е отпечатан във в. Свобода [23]. Нестор Марков пише, че учебникът е за *“по-горните класове”* [П8]. Според списъка на спомоществателите такива гимназиални класове е имало в Русе (III–IV клас), в Цариград – Медицинското училище, Лицеят в Галата Сарай и Роберт колеж, в Таборската гимназия, в главното училище на Железник, в Габрово, Видин, Хасково, Разград, Сливен (VI клас) и Котел. Посочено е, че това ръководство е предназначено за подготовка за влизане във военно училище или университет.

Разделът *“Геометрия”* има обем 138 страници. В него са дадени теореми, техните доказателства, следствия и задачи върху линии, ъгли, триъгълници, мащаби, многоъгълници, окръжност, повърхност, лице, площ, обем. В Раздела *“Праволинейна тригонометрия”* са включени елементи от геодезията. Разделът има обем 24 страници. В него са включени теореми и задачи за синуси и тангензи, измерване на *“недостъпните разстояния”*, нивелиране и изравняване [П8].

Необходимите алгебрични знания са представени в отделен параграф, озаглавен *“Употреба на Алгебрата за решението на геометрически проблеми (задачи – б.а.)”* [П8, с. 49]. В него са дадени уравнения от първа степен с едно неизвестно, квадратни уравнения от втора степен. Учебникът започва със следните пет аксиоми: *“1. Когато две количества са равни, ако се увеличат или намалят равно, или ако се умножат или разделят с едно и също количество и въобще ако се направят въз двете същите действия, произведенията или частите са равни; 2. Ако две равни количества са равни*

всяко едно с едно трето количество, то тия две количества щат ся равни едно с друго; 3. Цялото е по-голямо от своите части; 4. Цялото е равно на сбора на частите, на които се разделя; 5. Две величини от един и същ вид, било чръти (линии – б.а.), било лица, било обеми са равни когато се наложат едно въз друго и ако се съвмещават във всичкото си пространство” [П8, с. 2].

6. Заключение

Съдържанието на учебниците по физика и математика, отпечатани преди 1878 година, показва наличието на начално, прогимназиално и гимназиално ниво на обучение в българските училища с около 20 години по-рано от общоприетото. Запазените учебници и учебни програми свидетелстват за прогимназиално обучение по физика и математика през 20-те години на 19 век и за гимназиално обучение по физика и математика през 40-те години на 19 век. Откритите учебници по физика, отпечатани на български език до Освобождението, са седем. Към известните 4 гимназиални учебника по физика на Н. Геров (1849), А. Гано (1868), Д. Шуберт (1872) и И. Гюзелев (1874), отпечатани на български език до Освобождението, са добавени гимназиалният учебник по астрономия, преведен от Д. Енчев (1873), и два непълни прогимназиални учебника по физика, издадени от Д. В. Манчов (1862) и Н. Марков (1871).

Нестор Марков е забележителен за своето време математик. Въпреки че няма данни да е получил университетско образование, той има завидна научна култура и богата книжовна дейност. Учебниците му по математика се отличават с изключителна яснота и точност. В много отношения езикът и използваните термини са близки до съвременните. Освен двата прогимназиални учебника по математика той отпечатва първия учебник по тригонометрия на български език (1871). Знанията му по физика от раздел статика го нареждат сред малцината преводачи на учебници по физика.

7. Публикации на Нестор Марков

П1. Н. Марков, Малка аритметика за първоначалните ученици (разделена на три части), Русе 1 изд. (1869); ново издание (1872).

П2. Н. Марков, Събрание аритметически задатъци, Хр. Г. Данов, Русчук, Печатница на Дунавската област (1869).

П3. Н. Марков, За средоточната земна топлина. – в. Турция, бр. 48-49, януари 1870.

П4. Н. Марков, Граматика за турски език, Цариград (1870); ч. 1 и 2, (1871); 2 изд. (1874); Пловдив (1884).

П5. Н. Марков, Към представителите (църковно-народния събор). – в Македония, бр. 10, 5 май 1871 г.

П6. Н. Марков, Разсъждение по решението на въпроса. – в. Дунав, бр. 555 (1871); Турция (22 май 1871).

П7. Н. Марков, Предмет на читалищата. – в. Турция, бр. 7 (1871).

П8. Ж. Оливие (прев. Н. Марков), Геометрия, праволинейна тригонометрия и статика (1871).

- П9. Н. Марков, Чисти лъжи и мюзевирлици на гърците. – Право, бр. 12, 8 май 1871; Отечество, бр. 90, 21 май 1871.
- П10. Н. Марков, сп. Училище, г. 2(кн. 10) 29 май 1872, с. 79; г. 2(кн. 11) 18 юни 1872, с. 88.
- П11. Н. Марков, Гърците и българите. – в. Турция, бр. 3, 3 март 1873.
- П12. Н. Марков, в. Право, бр. 33, 26 октомври 1873.
- П13. Н. Марков, Буквар за френски език, Хр. Г. Данов (1874); 2 изд. Пловдив (1881); 3 изд. Пловдив (1885).
- П14. Н. Марков, Лексикологическа граматика за изучаване на френски език и стил (1875).
- П15. Н. Марков, Словото, в което Старозагорския префект е отворил първата сесия на Старозагорския главен съвет. – Марица, бр. 221, 26 септември 1880.
- П16. Н. Марков, Доклад на Старозагорския префект върху състоянието на поверения му департамент. – Марица, бр. 223, 3 октомври 1880; бр. 224, 7 октомври 1880.
- П17. Н. Марков, Речник на чуждите думи, ръкопис, ч. I-IV (1894).
- П18. Н. Марков, Пълен френско-български речник, Пловдив (1894) 1107 стр.; 2 изд. (1896); Глобус (1906).
- П19. Н. Марков, Българо-френски речник, Пловдив (1898) с 43000 думи.
- П20. Н. Марков, Спомени от Габрово през 1876 г. – Юбилеен сборник по случай 25 годишнината от първия випуск на Габровската Априловска гимназия, Пловдив, Хр. Г. Данов (1900).
- П21. Н. Марков, Народно събуждане в един кът на нашето отечество. – сп. Училищен преглед, 6(3) 201-208 (1901).
- П22. Н. Марков, Изложение за състоянието на Пловдивското окръжие през 1901-1902 г. Пловдив, Д. В. Манчов (1902).
- П23. Н. Марков, Българо-френски и френско български джобен речник, I том, Лайпциг (1912); II том (1915).
- П24. Н. Марков, Спомени. – сп. Съгласие, Плевен (2) (1927).
- П25. Н. Марков, Бележки по народно образователното дело в града Плевен и околността му през 1867 – 1873. – Съгласие, Плевен, бр. 2 (1927).

Литература

1. Н. Генчев, Българско възраждане, София, Отечествен фронт (1981).
2. П. Радев, История на българското образование, Пловдив (2002).
3. М. Стоянов, Българската възрожденска книжнина, т. I-II, Наука и изкуство, София (1957–1959).
4. Н. Бъчварова, Природонаучните знания и книжнина през българското възраждане, София, БАН (1982)
5. G. Kamisheva Bulgarian physical and mathematical culture in 19 century. – Proceedings of

Sixth International Conference of the Balkan Physical Union (BPU6) Istanbul, 2006, AIP Conference Proceedings, No 899 (2007) 521-522.

6. Н. Ванков, История на учебното дело в България от край време до освобождението, Ловеч (1903).
7. Л. Доросиев, Нашите класни, средни и специални училища преди освобождението. – Материали за изучаване на учебното дело в България, кн. 1, МНП, София (1925).
8. G. Kamisheva, Bulgarian Mathematical Culture in XIX century. – History and Pedagogy of Mathematics Newsletter (61) 16-20 (2006).
9. Н. Бъчварова, М. Бъчваров, Д-р Петър Берон живот, дейност, натурфилософия, София, Наука и изкуство (1975).
10. П. Берон, Рибен буквар, Юбилейно издание, Народна просвета, София (1964).
11. М. Борисов, А. Ваврек, Г. Камишева, Предшественици на разпространението и развитието на физическите науки в България, Народна просвета, София (1985) с. 68-127; с. 130-164.
12. Г. Камишева, Физиката в свищовското училище на Емануил Васкидович. – Светът на физиката (3) 169-172 (1993).
13. М. Борисов, А. Ваврек, Г. Камишева, Основоположници на обучението по физика в България, Народна просвета, София (1988).
14. Д. Манчов, Учебник, който съдържа граматика, география, всеобща история, аритметика, геометрия и физика, Пловдив (1862).
15. А. Малинин, К. Буренин (прев. Д. Енчев), Космография, Търново (1873).
16. Д. Шуберт, Физика за главни народни училища, Преведена от Й. Груев, Х. Г. Данов (1872).
17. Н. Димов, Т. Вълчинов, Нестор Марков от Криво поле до Париж, Графопринт, 1 изд. (2006) 271 стр., 2 изд. Хасково (2013).
18. С. Спиридов, Радетели за културен възход. – 100 години народно читалище Г. Димитров, Плевен, Юбилеен сборник, ОФ, София (1969) 194-205.
19. Р. Стоянова, Нестор Марков Демирев. – 100 години народно читалище Георги Димитров, Плевен, Юбилеен сборник, Отечествен фронт, София, (1969) с. 219-241.
20. в. Дунав, г. 5, бр. 421, 26 октомври 1869 г.
21. G. F. Olivier, Geometrie Ussuele et Trigonometrie Rectiligne Precedees des premiers principes de l'Algebre, de la Theorie des Equations des Puissances et Racines des Proportions et Progressions des Logarithmes et suivies d'elements de Statique, avec application usuelle nux diverses machines le tout accompagne de problemes, Cinquieme edition, Paris, MDCCCXLIII (1843).
22. в. Турция, г. 6, бр. 48, 16 януари 1871 г.
23. в. Свобода, г. 2, кн. 27, 17 февруари 1871, с. 215.

ОТЧЕТ ЗА ПРОВЕЖДАНЕТО НА МЛАДЕЖКАТА НАУЧНА СЕСИЯ „МАГИЯТА НА ФИЗИКАТА”

Пенка Лазарова

ПО ВРЕМЕ НА 43-та НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ВЪПРОСИ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

„ОПТИКА И ОПТИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИЕТО”

(2–5 април 2015 г., Благоевград)

С медийната подкрепа на Национално издателство
за образование и наука „Аз Буки”

В рамките на 43-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика на 3 април 2015 г. в Университетски център „Бачиново” в Благоевград се проведе традиционната **МЛАДЕЖКА НАУЧНА СЕСИЯ** на тема: „МАГИЯТА НА ФИЗИКАТА”.

Провеждането на младежката научна сесия, както всяка година, беше финансово подкрепено с **1200 лв. от фондация „Еврика”** – чрез подготвен проект от Пенка Лазарова и Снежана Йорданова.

В Младежката сесия предварително участие заявиха 64 ученици с 46 презентации от 22 училища от 17 града, но поради финансови причини проектите си защитиха устно участниците от следните училища: ПМГ „Яне Сандански” – Гоце Делчев (1 проект, 2 участници), ОМГ „Академик Кирил Попов” – Пловдив (1 проект, 2 участници), 157 ГИЧЕ „Сесар Вайехо” – София (2 проекта, 4 ученици), Гимназия „Пейо Крачолов Яворов” – Петрич (6 проекта, 6 ученици), СОДУ СДС „Св. Иван Рилски” – София (1 проект, 2 ученици), НАОП „Н. Коперник” – Варна (3 проекта, 4 ученици – МГ, III ПМГ, ВМГ, I ЕГ), III ОУ „П. Р. Славейков” – Търговище (1 проект, 2 ученици), АГ „Гео Милев” – Русе (1 проект, 1 ученик), НПМГ „Акад. Л. Чакалов” – София (2 проекта, 2 ученици), ПГ по КТС – Правец (2 проекта, 2 ученици), СОУ „Христо Ботев” – гр. Септември (3 проекта, 9 ученици), ОУ „Бачо Киро” – В. Търново (1 проект, 2 ученици), ПГМ „П. Р. Славейков”, гр. Якоруда, обл. Благоевград (1 проект, 1 ученичка), ЦНКИ – НАОП „Юрий Гагарин” – Стара Загора (1 проект, 1 ученик).

От представените компютърни презентации журито в състав: проф. Евгения Вълчева, доц. Вера Хаджимитова, Пенка Лазарова и Милка Джиджова единодушно отличиха:

I награда:

- ✓ Стефка Москова, Илина Зайкова – 11 кл., ПМГ „Яне Сандански” – Гоце Делчев: образователен мултимедиен проект на тема: „Магията на светлината”
Научни ръководители: Ирина Горанова и Карамфилка Патинова
- ✓ Цветомира Памукчиева, Климентина Савова – 9 кл., ОМГ „Академик Кирил Попов” – Пловдив: „Тъмни и мокри” (Интерференция от тънки слоеве).
Научен ръководител: Боряна Генева

II награда:

- ✓ Христина Анастасова, Свободка Стамчева, Олга Янкова – 11 кл., Гимназия „Пейо Крачолов Яворов” – Петрич; авторски интернет сайт, посветен на природата на светлината: <http://optika.alle.bg/>.
Научен ръководител: Георги Малчев, старши учител по физика и астрономия

III награда:

- ✓ Йоана Адова, Иванка Петрова – 10 кл., СОУ „Христо Ботев” – гр. Септември: Компютърна презентация на тема „Луминесценция”.
Научен ръководител: Регина Карталова – старши учител по физика и астрономия.

Докато за класирането на първо място журито нямаше никакви колебания, то не беше лесно да се вземе решение за II и III място поради няколкото почти равностойни проекти. По тази причина журито взе решение отличените за представяне пред участниците в конференцията или в Деня на Международната година на светлината в Националния политехнически музей на 18 май (Международен ден на музеите) проекти да получат поощрение.

Поощрения:

Представяне пред участниците в конференцията:

- ✓ Николай Дойчев – 12 кл., АГ „Гео Милев” – Русе: „Поляризация на светлината или как викингите са открили Северна Америка благодарение на физиката”
- ✓ Ноел Томов – 8 кл., НПМГ „Акад. Л. Чакалов” – София: „Li-Fi – технология за връзка чрез видимия спектър на светлината”
Научен ръководител: Красимира Перфанова
- ✓ Мехмед Алиев Исмаилов, Валерия Христова, Валентин Стоянов – 7 кл., III ОУ „П. Р. Славейков” – Търговище: „Пълно вътрешно отражение”
Научен ръководител: Даниела Димова.

Представяне на проектите в Националния политехнически музей в Деня на светлината на 18 май (Международен ден на музеите):

- ✓ Александър Марио Димитров – 12 кл., 157 ГИЧЕ „Сесар Вайехо” – София: „Как влияят цветовете на човешкото здраве”.
Научен ръководител: Екатерина Дойчева.

- ✓ Георги Величков – 10 кл., ПГ по КТС – Правец: „Компютърна анимация на законите за отражение и пречупване”
Научен ръководител: Цеца Цолова Христова

Прави впечатление все по-високото качество на презентациите, по-голяма част от които бяха по същество малки научни проекти с изследователски характер. За съжаление, някои от участниците в тях не съумяха да ги представят добре пред журито поради липса на опит или притеснение, но сме сигурни в тяхното отлично представяне в следващи прояви от подобен характер. В този смисъл бяха направени препоръки на участниците, вкл. и за кандидатстване в конкурса „Млади таланти” на МОН и в конкурса на Фондация „Еврика” „Космосът – настояще и бъдеще на човечеството”.

Класираните на първите 3 места получиха plakети. Освен сертификати за участие на участниците в Младежката сесия и на техните научни ръководители, на всяко училище бяха дадени дискове с презентациите от Младежката сесия 2014 г. и абонамент за сп. „Светът на физиката”.

Специални благодарности отправяме към доц. Радост Василева и Георги Малчев, старши учител по физика и астрономия в Гимназия „П. К. Яворов” – Петрич, задочен докторант по методика на обучението по физика към катедра „Физика”, Природо-математически факултет, ЮЗУ „Н. Рилски” – Благоевград, за отличната организация и осигуряването на прекрасни условия за провеждането и техническото осигуряване на Младежката сесия, както и за цялостното провеждане на Националната конференция.

Като цяло може да се даде висока оценка на работата на участниците, както и на положения труд от техните научни ръководители.

Изводи и препоръки:

1. Да продължи традицията за организиране на младежки научни сесии по време на Националните конференции по въпросите на обучението по физика – ползите за приобщаването на учениците към физиката не подлежат на коментар.
2. Да продължи попълването на банката с данни за ученици с интерес към физиката и техните ръководители, като се събира информация по време на всички прояви на СФБ, в които участват млади хора.
3. Да се подготви и размножи диск с всички презентации, който да се предостави на училища и инспекторати.
4. В програмата на Националната конференция да се отделят по 30 минути в деня на младежката сесия и в деня на заключителното заседание за представяне на отличени от журито ученически проекти.
5. Накрая, но не на последно място – **благодарности на ръководителите на участниците за благородния безкористен труд, за качествените разработки и представянето на техните възпитаници!**

ПОДПРОГРАМАТА „ОПТИКАТА И НАУКАТА ЗА СВЕТЛИНАТА В ГОДИНАТА НА СВЕТЛИНАТА”

(кратък отчет)

**Проф. Иван Лалов,
 проф. Евгения Вълчева**

Физически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски”
 и Съюз на физиците в България

Годината 2015 бе обявена от Общото събрание на ООН за Международна година на светлината и светлинните технологии. Формулирани бяха областите, целите и активностите, чрез които науката за светлината и основаните на светлинни явления технологии да станат широко известни и да бъдат атрактивно поднесени на ученици, студенти и по-широка публика. Към това бяха насочени усилията в двете подпрограми на националната програма за Международната година на светлината. В този отчет ние се стараем да систематизираме и разкажем за активностите и интереса към оптиката и науката за светлината. Изразяваме своята радост от масовото любопитство и желание за придобиване на познания за светлината, проявени в голям брой конференции, лекции, демонстрации, наблюдения и др. Даваме си сметка, че по-нататъшното изложение по раздели има условен характер, поради взаимното преплитане на тематиката и интересувашата се публика.

А. Национални прояви

А.1. Първата проява на МГС (Международната година на светлината) бе през октомври 2014 г., когато в Севлиево се проведе поредното национално издание на Международния проект „Наука на сцената” с участие на около 300 учители, ученици, експерти-учени и дори деца от детски градини от Севлиево. Този публичен празник на природните науки бе посветен на светлинните явления.

А.2. 43-та Национална конференция по въпроси на обучението по физика имаше тематика „Оптика и оптични технологии в образованието” и се проведе от 2 до 5.04.2015 г. в Благоевград с участие на около 120 учители, експерти по физика, учени-оптици и др. Освен пленарни и секционни доклади в рамките на конференцията се състоя Младежка сесия „Магията на светлината”, няколко цикъла от демонстрации на оптични явления, постерна сесия на отличените учители по области, публични лекции и др. Изказваме благодарности на МОН и на г-жа В. Иванова, на проф. Хр. Василев за лекцията и, разбира се, на нашата колежка доц. Р. Василева, понесла основната тежест на организацията.

А.2.а. Преди конференцията бяха проведени две съпътстващи студентски сесии, на които бяха изнесени пленарни доклади и бяха демонстрирани и оценени постерите на голям брой студенти. Студентската сесия в Пловдив бе с тематика „Светлината

в науката и изкуството” и обхвана 16 доклада. Студентската сесия в Медицинския университет – София бе с тематика „Светлината в медицината”, като бяха представени 42 постера по фундаментални проблеми на оптиката и по оптични методи за диагноза и лечение.

Изказваме нашата благодарност на организаторите на изнесените сесии и специално на проф. Т. Йовчева (Пловдив) и доц. В. Хаджимитова (МУ) за индуцираната младежка научна активност.

А.3. Националният семинар „Светлина и природа” се състоя в Ямбол (13-15.06.2015 г.). Участваха голям брой учители, деятели на народните обсерватории и планетариуми, учени и др. Този национален семинар бе включен в международния проект „Light 2015”, финансиран от Европейската комисия, и ние се надяваме да получим съответните средства. Изказваме благодарност на Юлия Върбанова за организацията на семинара.

А.4. Десетото издание на Европейската нощ на учените се проведе на 25.09.2015 г. и бе посветено на МГС. Нощта на учените се проведе в София, Русе, Пловдив, Ст. Загора, Варна и Бургас при голям интерес от учени, студенти и по-широка публика. Програмите в отделните градове включваха научни лекции, музикални и поетични прояви, изложби, научни кафенета, всички с „оптична” тематика, които създадоха у многото участници усещане за празник. Дължим благодарност на колежката П. Лазарова за идеите и реализацията на програмата на „Нощ на учените – 2015”.

Б. Международната година на светлината и образованието и науката. Публични лекции.

Основните групи, към които бяха насочени идеите и активностите на МГС, бяха ученици, студенти, хора на образованието и науката.

Б.А. Средно образование

Б.А.1. В чест на МГС в българските училища бяха проведени многобройни инициативи, от които ще споменем (по информация на гл.експ. В. Иванова):

- открити уроци 191
- презентации на ученици 1064
- училищни изложби 428
- конкурси 409
- изработване на постери и табла 844

Ще отбележим специалната програма за училищата от Благоевградска област, посветена на МГС и на 43-та Нац. конференция, в която бяха включени всички общини (експерт по природни науки Св. Солачка). Учители и ученици от училища във Вършец, Смолян, Елхово, с. Рупци, Видин направиха презентации, фотографии, изложби, дори филм за светлината.

Огромна благодарност към учители, експерти от РИО, към В. Иванова за мащабната популяризаторска и учебна дейност.

Б.А.2. Във Физическия факултет на СУ се организира, преди всичко от

катедрата по Квантова електроника, няколкодневна школа по фотоника за учители с лекции, демонстрации, лабораторни занятия. Тази школа получи висока оценка за квалификацията на няколко десетки учители по физика.

Б.А.3. С материали от международен проект бе организирана, по инициатива на Иво Джокин, с. Байкал, изложба „Отвъд крушката”, показана в училища от Плевенска област.

Б.А.4. Софийски клон на СФБ организира през м. юни 2015 г. конкурс за уреди и състезание за съставяне на експериментални задачи за училищния курс по физика.

Б.Б. Научни срещи

Б.Б.1. В Медицинска академия бе организиран 32-рия колоквиум „Физиката в опазване на човека и околната среда”, посветен на тематиката „Светлината в медицината”, със значително участие на физици, биолози, медици и др. специалисти (главен организатор акад. Б. Тенчов).

Б.Б.2. Проектът INERA с основно звено ИФТТ-БАН бе свързан с МГС. Проведе се научна конференция в Хисаря на тема „Светлината в нанонауката и нанотехнологиите”.

Б.Б.3. 17-та Международна среща (уъркшоп) на тема „Нанонаука и нанотехнологии” (организатор проф. А. Проjkова) се проведе в София и тематично бе свързана с МГС.

Б.Б.4. В София се проведе и годишната среща на Европейското метеорологично дружество с тематика „Спътникова информация и Слънце”, отново тематично свързана с МГС.

Б.Б.5. на 21.05.2015 г. Българският институт по метрология проведе семинар на тема „Изследване на светлина и чрез светлина”. Тази проява е част също от другата подпрограма “Светлинни технологии”.

Б.В. Лектории и популярни лекции

Б.В.1. В Техническия университет София се проведеха поредните дни на физиката, посветени на МГС, с лекции, демонстрации и др. прояви с участие на преподаватели и студенти.

Б.В.2. В рамките на Климентовите дни през м. ноември 2015 г. във Физическия факултет на СУ се проведе лектория под девиза „Да бъде светлина” с пет лекции в два дни (при препълнена зала), посветени на годишнините от научни открития, препоръчани от Международния комитет за отбелязване на МГС (откритията на Алхазен, Френел, Максвел, обща теория на относителността и откриването на реликтовото лъчение). Основна роля в организацията имаше зам.-деканът доц. Цв. Велинов.

Б.В.3. В рамките на Майските дни на културата в Ректората на СУ се състоя лекция на проф. Иван Лалов на тема „Ролята на оптиката в развитието на човешкото познание”. Позволяваме си да споменем, че двамата автори на този отчет, Ив. Лалов и Евг. Вълчева, сме изнесли многобройни лекции и доклади на различни форуми, посветени по дух и тематика на МГС.

Б.В.4. Ще отбележим с благодарност широката дейност за отбелязване на МГС от народните обсерватории с планетариуми във Варна, Стара Загора, Силистра, Ямбол.

В. Светлината в изкуството и музеите

В.1. Цялостна програма „Международната година на светлината в Международния ден на музеите” бе подготвена и реализирана в Националния политехнически музей – София на 18.05.2015 г. – с демонстрации, лекции, съобщения и др.

В.2. Традиционният месец на фотографията (юни 2015) се откри в НДК и по тематика бе свързан с МГС (главен организатор Българска фотографска академия „Я. Кюркчиева”).

В.3. През м. юли 2015 г. се състоя изложба – живопис на арх. Полина Герджикова с тема „Светлината – метафора на духа”, посветена на МГС.

В.4. Създадено бе симфонично произведение (за голям симфоничен оркестър и за видео) „Раждането на светлината”. Аранжиратор Милен Василев (Габрово), художник В. Атанасов. Произведението бе представено в Големия салон на БАН и подарено на Националния организационен комитет на МГС.

Г. Конкурси

В рамките на научните и образователни срещи и конференции и самостоятелно бяха организирани многобройни конкурси, от които ще споменем:

Г.1. Младежката сесия-конкурс по време на 43-та Нац. конференция на тема „Магията на светлината” (съвместно с фондация „Еврика”).

Г.2. Национален конкурс, организиран от Националния ученически екопарламент, на тема „Светлинни явления в природата”.

Г.3. Конкурси на РИО за учители, посветени на преподаването на оптиката.

Г.4. Конкурсен характер имаха и двете студентски сесии, свързани с 43-тата Нац. конференция.

Г.5. Тематични конкурси, обявени и проведени от НАОП-Варна, Ст. Загора, Силистра.

Заклучение

Мащабът и обхватът от дейности в подпрограмата „Оптиката и науката за светлината в Годишната на светлината” представляват изненада дори за организаторите. Цялата дейност имаше за цел да покаже на ученици, студенти, учени и на цялата общественост характера и красотата на изследванията на светлината, дълбоките резултати от развитието на оптиката, специално в последните 200 години, и неизмеримите социални ефекти и влиянието върху съвременната система на човешкото познание. Всичко това цели да се популяризира науката и резултатите от нея, да се възбуди любопитство и интерес към заниманията с наука на всякакво ниво, а също – да предизвика определени естетически възприятия, особено силни в оптиката. Всъщност тези цели и насоки бяха определени и от Международния организационен комитет на МГС.

Дори беглото изреждане на дейностите в този отчет показва, че тези идеални цели са постигнати или поне сме се приближили до тях. Това е демонстрация на желанието

на интелигентната част от българската младеж и общественост да задоволи своето любопитство към света и да се докосне до истински духовни ценности. Програми, подобни на програмата на МГС, са очевидна необходимост в българското културно пространство в бъдеще, дори без да са част от международен проект.

За реализирането на тази програма на МГС трябва да изтъкнем приноса и да благодарим на колегията от учители, учени, художници-фотографи и др., отдали своите усилия, време и труд, практически безвъзмездно, за каузата на светлината, издигната от ЮНЕСКО и ООН.

Бихме искали да вярваме, че заедно с подпрограмата „Светлинни технологии” нашите усилия ще имат и социално влияние върху българското общество при преодоляване на неговите трудни, но решими проблеми.

Броеве на Списание СВЕТОТ НА ФИЗИКАТА можете да си поръчате и на електронния магазин на сайта на списанието:
<http://wop.fpni.eu/bg/archive.php>

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

ТЕАТЪРЪТ НА КВАНТИТЕ

Ален Кон, Дани Шеро и Жак Диксмие

Част III

Глава 12. Али и четиридесетте милиарда неврона

Комисарят Дюпар е упорит човек с интересен светоглед. На почти петдесет, с времето е успял да развие подобаващи качества като любопитство, прозорливост, нюх, смелост. Но и някои недостатъци като мнителност и инат. Директорите му често го укоряват за бавността, с която води разследванията. Неговият вкус към изкуството на Ренесанса замалко да го подведе преди пет години да допусне сериозна професионална грешка. Един разследван голям колекционер и специалист по Куатроченто предизвика такава симпатия при комисаря, че замалко да се изплъзне от правосъдието.

Дюпар намираще посвещаването на цялото си време и енергия за нормален ход на работата си, необходимост за постигането на видими резултати. Последното му разследване, на лица от дипломатическите среди, го принуди да приеме факта, че репутацията, градена много време, може бързо да бъде разрушена. Разследването му премина без внезапни прозрения, напротив, напредваше стъпка по стъпка и така той се справи впечатляващо добре. Той не е от типа хора, които си повтарят „Господи, та то беше очевидно“, както правеше комисарят Бурел, негов учител, директор и приятел. В ЦЕРН никой за никъде не бърза и това устройваше Дюпар. Стигаше човек да се остави на елементарните частици и те го отвеждаха към техните тайни. Двата му помощници не бяха никак полезни. Впечатлени от авторитета на учените, те бяха като сковани, резервирани като женевците. Дюпар все пак отчита положителната равносметка на доверието, което му оказват заподозрените. Все още не е загубил надежда, че някой ще го посвети в тайните на квантовата механика, той вече изгаря от желание. Може би Пичи ще се справи с това? Или Сервантес, който, след като разкри картите си, вече не може да го гледа толкова отвисоко. Сега, след като двамата споделят тайна, и той най-вероятно може да го изключи от списъка със заподозрените? А Юнг? Искрено натъжен от смъртта на Шарлот, той му се изповяда. Никаква необходимост няма да го подлага на детектор на лъжата, та той говореше толкова искрено. Дюпар дори започваше да изпитва симпатия към него. Но все пак... цялата тази ревност. А Раней? С нейното толкова истинско метафизично възмущение. Да, със смъртта на Шарлот вече го няма този тежък за нея религиозен проблем. Но тя да предизвика тази смърт, тя, която уважава всяка форма на живот...

Първата реакция на Франческа била, изглежда, красноречива, но кой знае. Директорката е заета жена, има стотици проблеми за решаване. И въпреки това се разпалва в разговорите. Не може да избяга от сериозен разпит.

Дюпар си спомня за разговора си със Сервантес, прекалено зачеркнат от списъка със заподозрените. Да, показанията му обясняват незадоволителното му любопитство, забелязано и от Юнг, към работата на Шарлот. Добре, Сервантес се разкри и представи официални документи. Но какво от това? Мъж в сянка, който изведнъж се разкрива и твърди, че се подчинява на Брюксел и разиграва приятелската карта...

В крак с обичайния си ритъм, Дюпар решава, че е прекалено рано да продължи с предвидените разпити, тези на Том, Хьод и Франческа, предпочита първо да реши проблема с електронната поща на Шарлот. Сложената защита на електронната поща подсказва, че зад паролите се крие голяма находка. Но Дюпар не е в състояние да извърши подобен подвиг, да разбие паролите на електронната поща.

По тази причина комисарят ще се обърне към правилния човек, навременно появил се информатик. Едно е сигурно, за това комисарят е на правилното място: в ЦЕРН, където „мрежата“ е създадена, работят способни в тази област хора и компютърният парк отговаря на последните достижения на електрониката. И това без да се брои „изчислителният облак“, виртуален суперкомпютър, който използва изчислителната мощ на компютри от целия свят.

С голяма доза дискретност Дюпар се осведоми за квалификацията на информатиките в ЦЕРН. Няколко застъпващи се мнения го съветват: „Отидете при Али Равази, той е най-добрият..., никой не е по-ефикасен от Али... Комисарю, Али ще разреши проблема ви със защитите..., нищо не се опъва на Али, шампион по декриптиране... Али е ас“.

Дюпар няма търпение да се срещне с този невероятен човек. С трепет се запътва към кабинета на бъдещия си спасител. Една мисъл го терзае и тя е Али да си вземе отпуск този петък, тъй като в този момент, в който ускорителят е в ремонт, много от работещите в ЦЕРН са оставени без задачи. Дюпар пристига пред вратата на кабинет 137 и нещо му подсказва, че асът е на работа и че ще му помогне. Комисарят е оптимист и чука първи път на вратата. Никой не отваря. Да чука силно на врата е негов навик от полицейската школа. След два опита той получава отговор: „Дааа?!“, почти ядосан, който той трябва да приеме за покана да влезе. По всичко личи, моментът не е подходящ.

Али е с нови маратонки с оловни подметки (semelles de plomb), дънки и суичър, отдолу огладена риза с перфектно сгъната яка, шикозна, така да се каже, фигура: добре сложен, ръце, сгънати зад главата, кестеняви коси, добре сресани. Видяното от Дюпар отговаря на фоторобот, който му е бил даден. За едно Дюпар не е бил предупреден: големите му очи, тъмни, живи, épatants, които вече са отчели факта, че гостът не е на посещение от куртоазия. Тиха въздишка, сериозно изражение. Дюпар се колебае дали е по-впечатлен от четирите екрана на бюрото, на всеки от които нещо като че ли кипи, или от самия господар на компютрите на института. На невротичността на машините противостои хладнокръвието на информатика, който напомня на Дюпар за котка, потопена в сънищата си. На екраните се вижда как нескончаемо се сменят редове от съобщения на изпълняващи се алгоритми. Един от екраните привлича

вниманието на Дюпар. На него се начертава фигура с впечатляваща сложност, чиито контури напомнят смътно на проекция на човешки мозък. Комисарят е смутен, но успява да изрече с равен тон:

– Виждам, че сте зает. Аз съм комисар Дюпар и съм натоварен с разследването за убийството на г-жа Дампиер. В това си качество си позволявам да ви притесня по време на работата ви.

– Добре, само секунда, трябва да спра програмата, с която работя сега.

Без да се мести той самият, пръстите на Али се разиграват над клавиатурата като по клавиши на пиано, като запазва несмутимия си вид. Дюпар чака, все по-объркан.

– Така. Казвайте сега. Какво искате да знаете?

– За нуждите на разследването се опитам да прочета електронната кореспонденция на жертвата, но тя е криптирана. Изглежда сте единственият, който може да ми помогне.

– Съжалявам, но съм наистина много зает с изчисленията ми.

Поколебава се за миг, след което продължава:

– Дори и да имам време, не съм сигурен, че декриптиране на електронна кореспонденция отговаря на етиката ми.

– Става въпрос за убийство, сериозно е.

– Така или иначе, съвременните ключове за криптиране са невъзможни за разбиване.

– Сигурен ли сте?

– Напълно. По-добре се консултирайте с професор Том.

Комисарят си казва, че този неохотен информатик не трябва да се изплъзва от обстоен разпит, дори и това да противоречи на етиката му. Но преди на излезе от бюрото му, или по-скоро от обкръжението на тези работещи на пълна мощ компютри, Дюпар не издържа на позива на любопитството си и пита:

– На този екран като че ли се вижда формата на човешки мозък, така ли е?

Лицето на Али светва и Дюпар получава отговор с много по-благонамерен тон:

– Това е невронна мрежа. Основана се на опростен модел на биологическия неврон. Използва се в алгоритмите за изкуствен интелект. Изглеждате заинтригуван?

– Изключително..., но вие се твърде зает.

– Мога все пак да ви отделя няколко минути. Невронните мрежи са една от моите специалности и обожавам да говоря по темата.

– Благодаря ви. Слушам ви.

– Една такава мрежа прави селекция, взема решения, почти винаги в статистически контекст. В началото мрежата е напълно „глупава“, трябва да премине през фаза на обучение. Затова трябва да обучим алгоритъма с позната извадка от някакво множество. Алгоритъмът трябва да избере правилните елементи и при всеки негов опит да го направи сравняване неговия отговор с правилния, който ни е познат. При всяка итерация поправяме алгоритъма в правилната посока.

– Добре, но как?

– Обяснението, доста сложно, за да бъде набързо обяснено, се основава на архитектурата на мрежата. „Невроните“ са свързани с еквивалента на синаптичните връзки и този аналог се описва с определена математическа функция. И така, след много опити, наистина множество опити, синапсите се адаптират към поставената задача и невронната мрежа вече може да функционира върху произволна извадка.

– Сякаш разбирам. А нали човекът, и по-специално детето, се обучават по този начин?

– Точно така.

– И с какво тези машини за селекция са полезни на ЦЕРН?

– Както знаете, нашите опити се състоят в това да произвеждаме колизии между елементарни частици. За всеки опит ни трябва милиони колизии. По-голямата част от тях дават резултати, които не представляват никакъв интерес. Трябва да се направи селекция на малък брой колизии, понякога само десетина, при които наблюдаваме явление с научна значимост... Невронната мрежа научава да избира и да отхвърля всичко, което ѝ наподобява фонов шум. От квантовата случайност тя избира това, което има смисъл. *Voilà!*

Али, както по всичко личи, е запален по темата, и Дюпар поглъща всичко, което той му казва. На един от мониторите определени цифри привличат вниманието на информатика, който прекъсва своето техническо експозе.

– Сега ме извинете, но наистина трябва да си продължа работата.

Дюпар му благодари и се оттегля. Следва съвета на Али и отива в бюрото на Том. Секретарят на професора го уведомява, че началникът му отсъства. Дюпар си уговаря среща с него на следващия ден, макар че е събота. После призовава Линус Хьод в бюро 103, след като е звъннал на Франческа, за да уточни въпроса, повдигнат предната вечер от Юнг.

Хьод, по-намръщен от всякога, чука на вратата, влиза и сядва по покана на комисаря, който започва разпита най-благосклонно.

– Господин Хьод..., пред очите ми са всички данни, свързани с личността ви..., да погледнем набързо..., успешно следване..., поздравления..., какви бяха отношенията ви с началничката ви, г-жа Дампиер? Приятелски? На взаимно доверие?

– Госпожа Дампиер не беше моя началничка, тъй като съм член на екипа на професор Томашандраам. Отношенията ни бяха редки, но искрени.

– Точно така, извинете ме, виждам, че съм обърнал документите. Един от хората ми каза, че първо сте кандидатствали за работа в екипа на госпожа Дампиер. Така ли е? Хьод се изчервява и с неприязън потвърждава.

– Но при това положение как сте се озовали в екипа на професор Том?

– Госпожа Дампиер, затрупана с работа, не можа да ме приеме.

– Господин Хьод, необходимо е да се разбере всичко, което трябва да се знае. Пред очите ми са свидетелски показания и документи. Разчитам на вашата искреност. И така? След кратко колебание, Хьод се примирява.

– Госпожа Дампиер не оценяваше трудовете ми.

Като видя, че Дюпар не каза нищо и очевидно очаква продължение:

– Да, тя написа негативен доклад за мен, разбиващ, който ми орязва възможностите да остана в ЦЕРН след двете ми години постдок.

– Този доклад е конфиденциален. Как знаете за съдържанието му?

– Тя ми го прочете, мръсницата!

Веднъж прекрочил границите на добрия тон, Хьод се отдава на повече или по-малко груби обиди по неин адрес.

– Най-искрено казано, вие сте мразел г-жа Дампиер, нали?

– Да! Да! Да! Докладът ѝ бе чудовищен, явно несправедлив.

И Дюпар решава да блъфира:

– И за да я накажете, не се колебахте да приложите няколко наказателни мерки.

– Не съм я убил! Задоволих се с това да...

Хьод замълчава. Комисарят потропва с пръсти по папката, която всъщност е почти празна, и пита:

– И така, разкажете ми, по начина, по който желаете, какви са тези наказателни мерки.

– Следях я, по без съмнение много очевиден начин. Звънях ѝ, с анонимни обаждания, понякога нощем. Следях я по време на едно нейно пътуване до Венеция, в ЦЕРН всички говореха за нейните приключения. След като се провалих, се опитах да я дестабилизирам на края на пътуването ѝ, с един малък информатически трик. Това е всичко! Тя заслужаваше по-лошо.

Дюпар не се и надяваше на толкова информация. И със строг глас заявява на Хьод:

– Разбирате, предполагам без затруднения, господин Хьод, че сте един от заподозрените. Къде живеете? А, виждам, тук живеете. Ако обичате да не напускате ЦЕРН без мое разрешение.

Дюпар, доволен от това, че поне малко е напреднал, отправя Хьод.

Малко по-късно, той забелязва Франческа и Юнг във видимо разпаден жлъчен спор. Решава да проучи Юнг и с блъф да изкопчи истината.

– От разни страни разбирам – му казва той – че има сериозна научна вражда между Шарлот и Юнг. Какво знаете по този въпрос?

Франческа се намесва:

– Това е гротескно, комисарю, да подозирате Том в убийство: та той дори е вегетарианец!

– Позволете ми – казва Юнг, – Том може би обичайно е вегетарианец, но веднъж бяхме заедно на един селски панаир край Лион и той никак не отказваше добре направен андуийет¹!

Франческа, видимо ядосана, се оттегля, а Юнг не отговаря ясно на въпросите.

Нощта идва и Дюпар се отчайва. Всички тези заподозрени... като че поднесени на тепсия, мисли си той. В главата му се прокрадва мисъл, която вече му беше минавала,

¹ Андуийет: френски кулинарен специалитет; черво, пълнено с шкембе. Бел. прев.

но този път завърнала се с пълна сила: като че ли някой го манипулира! Върхът на иронията би бил, мисли си той, да съм малкия Пиеро² на Франческа!

Глава 13. Девет кипящи писма

За да се бори с прахосничеството, администрацията пести дори от осветлението, най-вече това на коридорите. Но полумракът дава някои предимства. Да забрави някой да поздрави колегата така не е знак на неучтивост, а просто неспособност да се различат силуетът и чертите му в тъмното. Но това оправдание не работи с Том, чийто силует не позволяваше на никого да припише неучтивостта си на недостига на фотони. Той не можеше да бъде сбъркан с друг.

Дюпар вече два пъти се сблъсква с него в коридорите, но тъй като не е бил официално запознат с него, не е и намирал за удачно да го поздрави. А и Том излъчва пълно безразличие към непознатите. Навън, дори в студено и ветровито време, Том изглежда напълно несмутим, стои постоянно изправен, с имперска решителност, която сякаш го пази и от лошото време. Като че ли е бронзова статуя, от тези антични статуи, които като че ли са избягали от повредите, неминуемо нанасяни от времето. Като знатен патриций от времето на Републиката, лесно би било човек да си го представи на кон; или като несмутим водач под снеговете на Березина³, с маска от гордост на лицето си.

Комисарят и не очаква да срещне някой весел тип и е наясно с това, че екипът му е съставен от хора, строги по природа, понякога и депресивни типове. Според слуховете, някои постдоци, след като кандидатстват при други началници, по-топли във взаимоотношенията си, но без възможност да приемат нови хора в екипа си, се обръщат към Том само като последен вариант. Том не плаши никого, но успокоява само истинските аскети. Много добър учен, той получава значими резултати, за които обича да се хвали в своя надут стил.

Дюпар моли професора да мине към 11 ч. в бюро 103, но не е в добро разположение на духа. Не трябва да забравям, повтаря си той, че той принадлежи на доминантна каста, че е запазил високомерието на брахмани на вегетарианец. Опитай се да вмъкнеш в разговора, че обичаш пролетния дарджилинг, първа реколта, гопалдхара.

Том пристига в кабинет 103 с изключителна точност. С високомерен поглед, без намек за усмивка, Том поздравява Дюпар. Професорът е до такава степен невъзмутим, че Дюпар остава с впечатлението, че приема в кабинета си Рамзес II. Наистина ли приема Том? На какво ще седне той? Фараон сяда само на трона си! Разговорът придобива форма, диалогът напредва и от дума на дума комисарят изяснява някои моменти от алибито му. Дюпар е приятно изненадан от добрата воля на „свидетеля“. Том отговаря с такт и прецизност на всички въпроси. В момента на драмата профе-

² Пиеро: френският вариант на Педролино от италианската Комедия дел арте. Пиеро е тъжен клоун, който страда по Коломбина, която предпочита Арлекин.

³ Река в Руската империя, в днешен Беларус, при която войските на Наполеон претърпяват тежки загуби. Бел. прев.

сорът излиза от болницата, където визитира Луческу, после обядва при Шнайдер, известен Konditorei, за който всеки индиец в града знае, че е мястото, където може да намери teesta valley (second flush), който върви най-добре с обяда. И това алиби може лесно да бъде проверено. С другите от екипа си Том поддържа строги професионални отношения – което не изненадва Дюпар – но е истински заинтересован от тях. Линус Хьод в началото е представлявал проблем за него. Научният му интерес бил прекалено специфичен, но въпросът бързо се изяснил. Том се „възхищава“ на Шарлот, за него „голяма загуба за науката“, което той признава промърморвайки. Зад спокойния му израз стоят, подозира Дюпар, множество сеанси хатайого.

Остава най-деликатната част от разпита, тази, в която Дюпар се надява да получи сътрудничеството на Том, за да декриптира имейлите на жертвата. Комисарят подхожда с полицейска школовка: играе върху нюансите на молбата си, настоява за дискретност на операцията, представя начинанието като средство за издигане в очите на Франческа. Едва задал въпроса си, Том го изненадва директно; гласът му е спокоен и категоричен:

– Никоя техника не го позволява. Единственото, което мога да ви кажа е, че ще си решите проблема, ако влезете в нейния KeePass⁴. Много е вероятно тя да има KeePass и там да се намира ключът за декриптиране, който търсите. Разширението му е .asc. Съжалявам, но аз не мога да направя нищо за вас.

Така завършва краткият разпит, на края на който комисарят е отчаян. Кой би могъл да му помогне? Трябва да намери бързо решение. Разследването е в задънена улица. Вдъхновен от последните думи на професора, той си спомня за хитростта на Хьод, който инсталира проследяваща апликация на айфона на Шарлот за нейния престой във Венеция. Хьод имал ли е достъп до нейния KeePass? Напълно възможно. Дюпар призовава незабавно Хьод в кабинета си. Четвърт час по-късно си сваля картите.

– И двамата знаем, че сте шантажирали госпожа Дампиер. За да постигнете целите си сте инсталирали проследяваща апликация на айфона ѝ без нейното знание. За да го направите ви е трябвал достъп до нейния KeePass. Необходимо е да ми кажете паролата, с която сте проникнали там.

Хьод дава на Дюпар паролата, девет букви, всяка от които е първата буква от известен стих, който е любим на Шарлот още от юношеството ѝ, и който тя рецитирала по всякакъв повод: *unsoirten*.

С тази информация Дюпар, на седмото небе, отправя Хьод и взема айфона на Шарлот. Намира нейния KeePass, влиза лесно с деветте букви и започва да разглежда съдържанието. Намира директория „ключове“ и файл „charlotte.asc“, който най-последно му позволи да декриптира съдържанието на имейлите на жертвата на нейния личен компютър.

В мнозинството си безобидни, по-скоро сантиментални имейли, се появяват на екрана му:

⁴ Апликация за смартфони, бележник за пароли. Бел. авт.

6 май, 19:06

Скъпо ангелче от Леман,

Мисля си често за нашето посещение на ада. Въпреки лекото ми неразположение, помня преживяването като изключително ценно. Ти беше мой водач, красива Шарлот, и благодарение на теб успях да се изкача отново от земното ядро, да избягам от силите на злото и да поема по Пътя, така де, по велосипедната алея, по която, носен от попътен вятър, стигнах до пещерата, която посетихме заедно. Чувствах емоцията, която виждаме по ренесансовите статуи на плачещи серафими. Прощавай за стила ми, но думите излизат от сърцето ми. Разкажи ми как върви живота ти, къде е насочена твоята научна страст. Тук в Бюр обедите са все така интересни. Искрите покрай споровете са достойни за представление.

Прегръщам те,

Арман

P.S.: Знаеш ли че Ереб-ус е и вулкан на остров Рос на Антарктида, значи сме прави за цялата линия (на автобуса).

*

7 май, 17:09

Мой много скъпи Арман,

Благодаря ти за хубава игра на думи (Лоти?), твоя маниер да придадеш очарователност на скромността ти. Много съм развълнувана и ти изпращам една храна за мисълта с германски оттенък (Вертер):

Когато сутрин при изгрев слънце излизам в моя Валхайм и там, в градината на гостилницата, си набирам сам моя грах, сядам, очушквам го и между това чета в моя Омир; когато след това си избирам едно гърне в малката готварница, изваждам масло, турям гърнето на огъня⁵...

Ти ще ми кажеш дали да продължа в този дух.

Лудата ми идея придобива все по-ясна форма, скоро ще ти дам и подробности, не смея все още да навлизам в конкретика. Съгласен ли си да уточним въпроса в конструктивна кореспонденция, от типа на тази, която хората публикуват, когато са я на седмото небе, я пристигнали на автобусната спирка? Най-много от всичко държа на теб, на твоята искреност, затова бих искала да ми дадеш твоето мнение, да ми помогнеш.

Искрено твоя,

Шарлот

*

⁵ Откъс от Страданията на младия Вертер на Гьоте, откъс от превода на Асен Разцветников.

9 май, 19:30

Скъпа Шарлот,

Благодаря ти за „гърнето с грах и масло“, с голямо удоволствие си сготвих сам и си мислех за теб, цвете мое, скъпа Лолот.

Писмото ти ме разсмя искрено, въпреки мистерията, с която обграждаш думите си. Оставила си ме в пълно неведение за твоята „луда идея“, бих искал да знам повече, разкажи ми.

Прегръщам те,

Арман

*

10 май, 19:09

Скъпи Арман,

В този момент препрочитам разговора ти с Едуар Плесис. Знаеш колко високо оценявам откритията, свързани с функционирането на мозъка. Но признавам че ценя и скептицизма ти. Трудно бих могла да бъда убедена, че познанието, от напълно материалистична гледна точка, на човешкия мозък би могло да ни помогне да разберем неговите тайни, или поне съзнанието. Не трябва да бъркаме това, което е хардуер, с това, което е софтуер. Програмирането на мозъка играе не по-маловажна роля от материалната основа. В това е оригиналността на човешкото същество, бих казала дори неговото съществуване, не в неговата плът, а в схемата, по която човекът е организиран. Благодарение на биологията знаем, че всяка една клетка от нашето тяло, може би с някои редки изключения, умира и бива заменена от нова, и това за сравнително кратко време. Следователно, не може да се твърди, че човекът се състои от неговото тяло, което непрестанно обновява клетките си. Човекът се състои в схемата, която подрежда и управлява всичко това. Оттам заключавам, например, че а priori не е невъзможно цялата тази схема да бъде кодирана и предавана по начини, различни от движението на плътта..., кажи ми какво мислиш за това! Искрено се надявам да получа твоето мнение по въпроса.

Поздрав, чао,

Шарлот

*

17 май, 21:46

Скъпа Шарлот,

Благодаря ти за писмото. Трудно ми е да бъда убеден, че архитектурата на мозъчните връзки е достатъчна, за да се разбере функционирането на мозъка. Знам,

разбира се, че тази архитектура е с изключително ниво на сложност и е резултат от дълъг процес на естествен отбор, но ще ти е трудно да ме убедиш, че няма „нещо друго“. Но какво знам аз, мозъкът се подчинява на химични взаимодействия, на хормони... и те не са толкова лесни за кодиране като архитектурата, за която говориш. Материализмът ти е прекалено симплистки. В този момент работата ми ме натоварва много и това ограничава способностите ми да разбирам нови идеи като твоите. Освен това, преди около година приех да дам цикъл лекции в Чили и да се включа също така в поход от девет дена в пустинята Атакама. Няма да мога да отговарям на съобщенията ти известно време.

Прегръщам те,

Арман

*

18 май, 19:09

Скъпи Арман,

Това пътешествие не идва в точния момент, можеше да ме предупредиш, че няма да мога да се свържа с теб, оф! От моя страна, изпълнена съм с колебания, не съм сигурна за последствията от моята луда идея. Чувствам се като изоставена в този решаващ момент.

Приятно пътуване, все пак!

Шарлот

*

Сред множеството други писма, само три привличат вниманието на Дюпар, като се почне от едно общо писмо, изпратено на всички членове на ЦЕРН от някой си Минос:

20 май, 12:00

Арогантност, показност, самохвалство, грубиянщина, горделивост: Вие, членове на ЦЕРН, сте пълни с това. Аз съм Минос, вие сте минус. Кога ще ме признаете за единствения, уникалния, кога ще спрете да ми завиждате? Всеки ден съм измежду вас... и никой не ме вижда. Един ден, един ден, ще си отмъстя за вашето безразличие, ще си хапна Шарлот, обещавам ви. Бог сам ме води и ви прокллина.

Аз Минос, единствения.

*

20 май, 13:00

Скъпа Шарлот,

Също като мен, сигурно си получила общото писмо, този параноик Хъод отново е в криза, надявам всичко е о.к. с теб.

Имам една добра новина за теб: получих пълния контрол на детектора Атлас до края на периода на почистване.

Успех,
Франческа

*

20 май, 15:00

Скъпа Франческа,

Страхотно е, че имаш full control! По отношение на Хьод, радвам се, че си го разобличила, какъв нещастник! Сигурно е той този, който толкова време ми трови живота.

Шарлот

Дюпар е объркан:

– Значи все пак точно Хьод ѝ е тровил живота! Нейната луда идея? Иди разбери..., а как се намесва Атлас в цялата история?

Глава 14. Триумфът на Монтеверди

Комисарят, от самото начало на своята кариера, е прочитал много писма. Но писмата, които току-що прочита, са изключително необичайни и това е най-малкото, което може да се каже. От видяното уважението му към Шарлот само се увеличава. Но какво следва от това за разследването? Единственият му извод е, че Хьод е много по-откачен и неуравновесен, следователно много по-опасен, отколкото си е мислел.

Комисарят чува забързани стъпки в коридора. Десет секунди по-късно наставта голяма врява. Какво се случва?

Дюпар излиза от малката стая, в която работи, за да види, че тълпата по коридорите ври и кипи. Мъже и жени бягат, всички в една посока. Комисарят започва да следва тълпата, която го отвежда в контролната зала на LHC. Залата е огромна, в нея са поставени огромни екрани, свързани с централния компютър на ЦЕРН. Тълпата се състои от между сто и сто и петдесет души, събрани в средата, и се увеличава непрекъснато.

Все някой трябва да ги е повикал. Един звучен, но странен глас се извисява над шумотевицата. Малко по малко, хората спират да говорят, а гласът продължава. Тя повтаря безспир едно и също съобщение:

– Много важно съобщение предстои да бъде предадено. Гответе се да действате, всеки в областта на своите компетенции.

– Но кой говори? Прошепва тихо комисарят на своя най-близък съсед.

Който от своя страна се задоволява с това да посочи дъното на залата.

Дюпар вижда Франческа, която влиза в залата задъхана. Той отива при директорката и ѝ повтаря въпроса си.

– Компютърът – отговаря тя.

– Как така компютърът?

– Той ни говори.

Дюпар остава зашеметен за няколко минути. Казва си наум, намирам се в ЦЕРН, не съм съвсем на Земята, трябва да се приспособя към това. И се приспособява.

Към 20 ч. в контролната зала се събират над 300 души. Компютърът изпраща своето второ съобщение. Това съобщение наелектризира тълпата; Дюпар се чувства като че ли някой го е ударил с юмрук в стомаха; трябва да се подпре на стената, за да не припадне. Гласът повишава тембър:

– Трябва да се заемем с г-жа Дампиер, чието тяло е потопено, от миналия понеделник, в течен хелий. Компетентни инженери ще пренесат контейнер с хелий в специална лаборатория.

Компютърът млъква. Франческа, която поема ръководството на операцията, повиква колегите си, от които ще има нужда, и им дава инструкции за работа. Всеки иска да е свидетел на пренасянето, но това трябва да стане през тунелите, а само 30 души могат да използват асансьора, такива са съображенията за сигурност. Няколко гласа протестират, прекъснати от образа, който се появява на огромен екран на една от стените на контролната зала на LHC. Франческа обявява, че картината от това, което става в тунела, ще бъде предаван на живо.

Спокойствието се завръща.

Пренасянето на контейнера продължава половин час. След което компютърният глас се обръща отново към инженерите.

– Пристъпете към бавно покачване на температурата на тялото, процесът трябва да бъде адиабатичен, според стойностите на математическата функция, която ви давам, и така до температура от 35°C...

От тълпата в контролната зала се чува дълга въздишка на облекчение, почти едновременно издадена от всички.

– ...до температура от 35°C, според процедурата, която ще ви бъде описана от госпожа директорката.

Франческа се заема със задачите, с които току-що е натоварена. Часът е 21. Към полунощ тълпата от наблюдатели се е разпръснала, но никой не работи. Едни спорят оживено в съседните стаи; други, нежелаещи да са подвластни на компютъра, разказват новината за случващото се, което води до вълна от прииждащи любопитни хора. Появяват се и журналисти, после и телевизионни камери, с оператори в неловкото положение да трябва да снимат екраните с картината от тунела.

Въпреки късния час Дюпар е привикал помощниците си в малкия кабинет и е изпратил известие на йерархията си за развоя на събитията. Бъдещето, най-непосредственото бъдеще, е толкова неясно, че той няма инструкции за действие, други, освен тази да наблюдава и да докладва прецизно информацията.

Към 1 ч. след полунощ затоплянето на контейнера е приключило. Компютърът се задоволява с кратко съобщение:

– Трети етап: черепна хирургия.

На екрана се появяват нови инструменти, сред които лазери, които навлизат в коридорите и се струпват около леглото, на което е останала Шарлот. Франческа и инженерите са излезли. Макар и да няма никакво човешко присъствие около пациентката и хирургическите инструменти като че ли се активират с магия, картината дава ясно да се разбере, че там, около пациентката, има човешко присъствие. Някой се замисля, претегля трудностите, работи с прецизност и сякаш се измъчва и притеснява пред трудността на операцията. Но кой? Възможният отговор е един-единствен: това е самият компютър.

Всеки е притеснен не само за съдбата на Шарлот, но и за своята собствена. Защото е очевидно, че не човекът е господар на ситуацията, а машината, че се е появил съревновател, с който трябва да се мери.

Към 7 ч. сутринта машината прави последни шевове, последните превръзки са направени. Шарлот е качена с асансьора на партера, но, разбира се, не в контролната зала, а в лекарския кабинет на ЦЕРН, където е под наблюдението на половин дузина лекари и медицински сестри, извикани специално от Франческа. Компютърът обявява:

– Трети етап е приключен. Предстои последният етап.

Компютърът се обръща вече към лекарите, на които дава инструкцията да направят на Шарлот няколко инжекции с вещества, които те добре познават, но за които не биха се сетили никога да използват в такива ситуации. Компютърът ги инструктира да поставят сонда за трансезофагеална ехокардиография. обстоятелствата са такива, че никой не смее да противоречи.

Тълпата се събира отново в контролната зала; тя е по-разнородна от всякога, с нейните учени, администрация на ЦЕРН, журналисти и дори кинорежисьори, както и охрана. Непрекъснато се чува тихо шепнене. Телевизията предава на живо сцената, която се развива в медицинската зала.

Към 10 ч. камбаните на църквата в близкото градче Мерен забиват. Неделя е. А в медицинската зала...

В медицинската зала лекарите и сестрите се споглеждат, недоумяват какво е това „присъствие“, което усещат. Сигналът на сондата показва, че сърцето на Шарлот започва отново да бие, слабо, но бие, както показват слабите електрически сигнали, които се виждат на екрана ѝ. Пулсът ѝ първо е само десетина удара в минута. После кръвното налягане се покачва, Шарлот започва да диша през кислородната си маска, лекарите и сестрите не са на себе си.

Чрез екраните в контролната зала на ЛНС тълпата става свидетел на показанията на медицинските уреди, които работват един след друг. Всички разбират какво става. Едни започват да плачат, други припадат, което нарушава установилото се пълно мълчание.

Компютърът също реагира, по свой си начин. Последните му думи са:

– Предавам контрола. Програмата ми ще се самоунищожи, тъй като госпожа Дампиер се върна към живота.

Към 11 ч. сърдечният ритъм на Шарлот е вече напълно нормален. Тя става, без никой дори и да се опита да ѝ попречи. Влиза в контролната зала, качва се на малкия подиум и заявява на висок глас.

– Да, това съм аз, Шарлот Дампиер. Възкръснах.

Вълна от ентузиазъм залива залата. Всеки я поздравява. Шарлот си казва тихо, но промърморването ѝ се изгубва в шума:

– Sono tornata. Върнах се.

Глава 15. И сега апокалипсиса

На следващия ден, едва възстановена, Шарлот трябва да се изправи пред журналистите, които искат да знаят всичко за нейното приключение. Франческа е обявила пресконференция в голямата аула, в блок 40 на ЦЕРН, с участието на самата нея, Али и Шарлот. Шарлот първа взема думата:

– Експозето, което ще ви представя, се състои от четири части.

При пътуването ми обратно от Венеция, точно преди шест месеца, получих вдъхновение. Не намирам дума, с която да го опиша, изживяването ми беше толкова силно. Пътят Венеция-Женева е изключително живописен, с много красиви пейзажи, които с удоволствие наблюдавах преди да заспя в спалния вагон. На границата между бодростта и съня умът ми пое в неочаквана посока. Малко след като влакът пресече швейцарската граница, пред мен се изправиха огромни скали, сякаш готови да се срутят върху мен, на склона на Алпите. Формата им бе подобна на човешкия мозък, а цветът им – на мрамора, от който бяха направени деветте плащаници от изложбата „Възхвала на съмнението“, на която бях предния ден в Пунта дела Догана.

В този момент почувствах нещо като токов удар. Събитието, при което ми дойде вдъхновението. Една луда идея обсеби ума ми и повече не можа да излезе от главата ми: какво би станало, ако успеем да произведем изображение на всички детайли, които съставляват човешкия мозък?

Как тази идея се зароди в ума ми? Не съм способна да обясня. Като че ли е била на някой заден ред през цялото време, скрита в моето подсъзнание. Бих искала да уточня, че преди да започна заниманията си с физика, изучавах задълбочено молекулярна биология. Всеки учен има своите хрумвания, които са в мисълта му много преди да придобият конкретна форма. И така ми дойдоха следните разсъждения.

В крайна сметка, уредите на ЦЕРН, с техните трекови детектори, са инструменти, които работят с изключителна прецизност, благодарение и на директната им връзка със суперкомпютрите, чийто капацитет за съхранение на информация се измерва в хиляди ексабити⁶. Към настоящия момент те са спрени заради инцидента, който претърпя ЛНС. Понеже знаехме, че ремонтът ще продължи дълго, имавме шанса да използваме ЛНС с други цели. Малко преди да проведе този експеримент разбрах, че Франческа Рока, моя близка приятелка, ще бъде номинирана за директор на ЦЕРН. Тъй като тя има директорската функция, можеше да следи контрола на операциите.

⁶ Единица за количество информация. Един ексабит е равен на 10¹⁸ бита.

Да, мина известно време, докато я убедя, но преди всичко тя е учен, винаги е готова да се впусне със страст във вълнуващ експеримент.

При тези думи Шарлот се обръща с усмивка към Франческа и после продължава.

– Експериментът бе прекрасен. За него бе използвана колосалната изчислителна мощ на компютрите от целия свят (грид средата, която е на разположение на ЦЕРН), тази на невронните мрежи, които са разработени, за да обработват данните от опитите в областта на физиката на елементарните частици, и компютърна памет, която позволи да бъдат запазени с изключителна точност данни, чийто източник е не трековият детектор, а истински човешки мозък. Мисълта за това от самото начало ме докарваше до екстаз.

Шарлот прави кратка пауза, за да отпие вода от чашата пред нея, а и да позволи на слушателите да се изкашлят; дори това те не смееха да направят до този момент, като очакващи антракта на театрално представление. След като установи, че журналистите излъчват елегантно любопитство, тя продължава, натоварена с усещането за огромното нетърпение в залата, примесено с нов тип любопитство и дори притеснение:

– Преминавам към втората част. Трябваше да бъдат събрани данните от човешкия мозък с помощта на детектор. Лесно е да се каже, но методът е повече от инвазивен. Трябваше да вкараме за много кратко време уред в мозъка, който да излъчи, с изключителна точност и във всички посоки, елементарни частици. Най-добрият метод, или по-точно, най-малко лошият, се състои в това да се вкара свръхтънка игла в мозъка, която да е снабдена с множество излъчватели на елементарни частици, които да ги излъчат в много точен момент, и те после да преминат през мозъка за изключително кратко време, водени от магнитното поле на мощните магнити. Дори и без иглата да преминава през зоните от жизнена важност, опитът беше рискован, дори изключително рискован. Нанасянето на травма беше неизбежно. Всъщност, вероятността субектът да не преживее операцията е 90%. Но беше ясно, научната общност, а всъщност цялото общество, щеше да повярва само на свидетелите, които сами са се подложили на процедурата. А всеки непълен опит би дал само непълни резултати, които биха предизвикали само недоверие, скептицизъм и дори подигравки.

Този субект, разбрах това много бързо, можех да бъда само аз. И така, трябваше спешно да се вземе решение: ремонтът на LHC приближаваше своя завършек, след което щеше да бъде твърде късно. Към момента на моите търсения се чувствах сама. Образът на деветте плащаници се връщаше непрекъснато в главата ми. Изпънати на пода, те бяха студени, неподвижни. Голгота беше пред мен и аз трябваше да я изкача.

Всъщност през цялото време знаех, че мозъкът ми ще оживее, в един или друг смисъл. Той ще бъде като изпратен по факса, благодарение на детектора, и така ще бъде отправна точка за невронната мрежа, която ще поеме функциите му. От тази гледна точка, бях изпълнена с надежда. Но какво ще стане с физическото ми аз? За-мислих се, че бих могла да уредя тялото ми да бъде запазено в криогенични условия по такъв начин, че времето да не го промени необратимо. Все пак тунелите на ЦЕРН са най-доброто място за криогенични експерименти. Разполагаме с необходимите инструменти да охладим веществото до три градуса по Келвин и дори до по-ниски

температури. За да проведе този експеримент трябваше да проуча някои аспекти от биологията за поведението на клетките при ниски температури. Трябва да призная, че по време на тези търсения намерих за забавно да построя няколко грешни следи, за заблуда на полицаите. В моя защита искам да кажа, че имах нужда от развлечение!

После денят на истината дойде. Глътнах няколко обезболяващи хапчета, заех мястото си на субект на експеримента, натиснах бутона. Нямам никакъв спомен от няколкото секунди, които последваха това събитие. Само един момент, и ще продължа разказа си с третата част. Трябва ми малко време да се съвзема.

Журналист вдига ръка:

– Моля, госпожо...

Възгласи „Тихо!“ се разнесоха над залата, възмутени наблюдатели го накараха да замълчи.

– От решаващия момент нататък мозъкът ми остана инертен, с всички негови функции напълно замрели, веднъж щом неговата конфигурация бе записана от детектора. Така бе активирана невронната мрежа с информацията от моя мозък. Не съм способна да опиша това състояние по начин, различен от фразата „Аз бях друг“. Сега ще ви разкажа за преживяването, за впечатлението ми от „завръщането“, при което за моя изненада се получи синтез на две идеи, които ме вълнуваха от месеци:

От една страна, животът на невронна мрежа, която има огромен изчислителен потенциал, и която получава отпечатъкът на човешки мозък.

От друга страна, появата на ход на времето, подобен на този, който познаваме, но произтичащ от термализирано състояние и от некомулативния характер на квантовия свят.

Това е моя интерпретация, която остава в сферата на хипотезите. Смятам, че по време на хирургическата операция, която ме върна в света на живите, „другият“ ми направи огромен подарък. Сякаш не беше достатъчно това, че ме върна към живота, той имплантира в мозъка ми невронна мрежа, която веднъж, един-единствен път, ми даде правото да видя свят, който ще се опитам да ви опиша. Ще ви разкажа невероятни спомени, които са спомени от един свят с безброй измерения. Веднага щом си дадох сметка за тази свръхспособност, се почувствах като Алиса в страната на чудесата, в огромен метафизичен екстаз. Бях привилегирован зрител на представление, което бих могла само да нарека

ТЕАТЪР НА КВАНТИТЕ

Имах тази невероятна възможност да изследвам усещане за аз-а, не в един момент от моето съществуване, а в една цялост.

Можех да сравня крайността си в пространството, факт, който не притеснява никого, с крайността си във времето, която ни изглежда толкова проблематична. Светът, който видях, избягваше напълно от декохеренцията, която е отговорна за „класическото“ възприятие на света. Успях да придобия изключителна интуиция, да разпознам безкрайни променливости, да видя безкрайни, перфектно регулирани флуктуации в този театър, чиято сцена не би могла да се представи по друг начин, освен като прос-

транство, което математиците наричат Хилбертово, от една страна, с неговите безброй измерения, и от друга страна, с неговия имагинерен характер.

Актьорите на квантовия театър са операторите, които действат в това пространство, и областта, в която всеки един от тях варира, ни е дадена от неговия спектър.

Беше невероятно, видях ги, в безкраен брой измерения.

В залата продължава да цари пълна тишина. Слушателите току-що чува невероятен разказ, този на жената, която усети тялото си в този „театър на квантите”. Някои журналисти вече намериха заглавие за статиите си, с големите букви е ясно, ще пише: Квантовата жена.

– Между другото, този преход, който осъществих, вероятно поставя нови аспекти на вечния проблем за взаимодействието между материалния свят и духа. Уверявам ви, нямам претенцията да съм го решила.

Шарлот, вече пребледняла, сяда за малко, после става, за да продължи с четвъртата част на разказа си.

– Сега бих искала да разкажа конкретно за това как започна отново ходът на времето, такъв, какъвто го познаваме, успоредно с бавното затопляне на тялото ми до нормалната му температура. Общият изглед на квантовата сцена се замъгли и само актьорите, които удовлетворяваха някои условия за симетрия, останаха видими. Разполагах само с частична информация за този свят и несъвместимостта между отделните актьори, несъвместимост, която се дължи на тяхната некомутируемост, придоби изгледа на движение на ансамбъл, в който като че ли танцьорите изпълняваха добре синхронизирано движение с определен ритъм, с невидим диригент, който ги водеше без те да могат да оказват съпротива. Усетих тази поява на хода на времето като вмешателство, източник на смут, на притеснение, на страх, на откъсване. Опасявах се, че ще изгубя наученото от квантовата сцена и че тази загуба ще остане завинаги с хода на времето. Стори ми се без съмнение, понеже се изчерпваше мрежата, която „другият” постави щедро в мозъка ми, че се включвах без възможност за обратен път в хода на времето. Но после тези мъчителни усещания изчезнаха. Обикновеното пространство се прероди от квантовото чрез декохеренция. Виждах все по-ясно една смътна светлина, едновременно мека и силна, която ме привличаше към себе си. Облята от тази светлина, водена от звън на камбани, постепенно придобих отново сетивата си и бях обзета от неопишуемо щастие. Раждах се отново.

Благодаря, приключих.

Малко по малко публиката, зашеметена от разкритията, раздвоена между неверие и страхопочитание пред куража на тази жена, стъпва отново с краката си на земята. Някои журналисти аплодират, други стават, викат ура за Шарлот, тя дълго получава овации. Всички я гледат като видение. Тя не е загубила и част от привлекателността си с времето.

Хората идват на себе си и става време за въпроси. Кой ще пита първи? Шарлот, Франческа и Али чакат със сериозен вид, готови да отговарят.

Редакторка на Монд пита Шарлот:

– Вероятно ще намерите въпроса ми за не особено дискретен, но разчитахте ли на подкрепата на близките си, бяхте ли им споделили за това?

– Не можех. Само Франческа Рока и в по-малка степен Али Разави бяха в течение. Но изключително много разговарях с близки или далечни мои приятели-учени по въпроси, свързани с експеримента. За съжаление, в момента, в който имах най-силна нужда от морална подкрепа, в момента, в който взех своето решение, един от тях, на когото държах особено, Арман Лафоре, замина на пътешествие. Много съжалявам, че той не е тук днес. И действително, макар и опитът да оборва негови идеи за трансцендентен характер на функционирането на мозъка, моето потапяне в квантовия театър и повторната поява на хода на времето потвърждават неговата интуиция, идеи, за които той дълго ми говори.

Въпрос на журналистка от Ла Кроа за Шарлот:

– Впуснахте се в страхотно изпитание, как превъзмогнахте съмнението? Какво ви помогна?

– Хуморът! Винаги се опитвах да държа реалността на дистанция, каквито и да са обстоятелствата. В най-тежкия момент, ако щете ми вярвайте, не преставах да си мисля за „полузамразената Шарлот”.

Залата избухва в смях и атмосферата става по-непринудена. Шарлот избърсва сълза. Франческа предлага на журналистите да задават въпроси на Али Разави, който да им опише опита от „гледната точка на компютъра”.

Въпрос от журналист от Нейчър за Али:

– Може ли да ни опишете ролята на невронната мрежа, вие, който сте следил функционирането на компютрите?

– Невронната мрежа бе, по модела на мозъка на Шарлот, програмирана да запише информацията, постъпваща от мозъка на Шарлот по време на хода на иглата. Така детекторът направи не просто снимка, статично изображение на нейния мозък, а филм, в момента, в който тя изпусна последния си дъх преди замразяването. После, в този решителен и неочакван момент, невронната мрежа „разбра”, че това са последните моменти от съществуването на Шарлот. От този момент нататък той имаше единствена цел и това беше да я съживи.

– Добре, но с какви инструменти разполагаше тя?

– Невронната мрежа разполагаше с изчислителен облак, мощта на компютри от целия свят, и с достъп до Google, откъдето почерпи панолия от човешки преживявания.

– Какво може да ни кажете за тези реакции, за това копиране на съзнанието, което мозъкът включва в състояние на предстояща опасност?

– Да, точно за това става въпрос, мозъкът преминава към режим, в който се дисоциират материалното тяло и „страничен наблюдател”, който е неподвластен на човешката природа. Изглежда Шарлот е изпитала много силно този синдром в последния момент. Компютърът правеше опити почти цял ден да анализира ситуацията и да разбере смисъла. Предимството на това поведение, без съмнение от гледна точка на

естествения отбор, е, че това поведение елиминира изцяло всеки негативен аспект от страха или стреса, без да наруши способността за трезво вземане на решения. Чисто и просто, наблюдаваме решения, взети от аз, който е безразличен към страха.

– Но госпожа Дампиер не е трябвало да действа, нейните решения са били взети предварително!

– Разбира се. Но това не е било известно на невронната мрежа, която имаше нужда от доста време, за да го разбере. После тя бързо намери в паметта на Шарлот плана, който тя изработи с Франческа Рока за съхранението на нейното тяло с криогенични средства, защитено от необратностите на времето. От този момент нататък компютърът се впусна в търсене на начин Шарлот да бъде върната към живот.

– Но никой досега не е успявал да направи такова нещо!

– Точно така! И е истинско чудо това, че компютърът успя. Голямата трудност бе тялото ѝ да бъде върнато към нормална температура, но с адиабатичен процес. За да успее с този подвиг, компютърът трябваше да изчисли каква е оптималната процедура. Той успя, благодарение на примери, които намери през Google, и с решаването на много сложна математическа задача, а именно коя е оптималната функция, по която трябва да се покачва температурата с времето. Друга голяма трудност бе това мозъкът ѝ да бъде накаран отново да заработи.

Въпрос от журналист от За науката:

– Това откритие има ли приложения в медицината?

– Да, има възможност тази техника да бъде приложена в медицината. За съжаление, математическата функция, която компютърът изчисли, бе впоследствие унищожена, в същия момент, в който бе унищожена и цялата програма. Компютърът изработи вирус, с който се самоунищожи след приключване на изпълнението на алгоритъма. Той беше замислен така, че да се задейства само след завръщането на Шарлот към живота.

– Но защо е трябвало да се самоунищожава? Това е абсурдно!

– Това решение за самоунищожение е взето от вируса „несъзнателно“, доколкото можем да говорим за съзнание при компютъра, от невронната мрежа. То е резултат, смятам, от функционирането на дълбоки слоеве от мрежата, които, предполагам, са материално отражение на подсъзнанието на госпожа Дампиер.

– Значи ли това, че подсъзнанието на мрежата е място за самоубийствени мисли? И следователно, че подсъзнанието на госпожа Дампиер...

Вълна от пререкания заля залата, прекъсвайки въпроса на журналиста. Шарлот остава несмутима. Али, разтревожен, отговаря, веднага щом в залата се установява отново мълчание:

– Става въпрос за обикновена хипотеза от моя страна, прекалено смела, изказана прекалено лекомислено...

Следва въпрос за Франческа:

– Свикнали сме решенията, засягащи функционирането на ЦЕРН, да бъдат вземани колективно. Това правило беше ли приложено в този случай?

– Не, това правило не беше спазено. По принцип всеки опит в ЦЕРН подлежи на

одобрението на съвета, който е висшият орган, носещ отговорност за важните решения. Но в случая взех решението да наруша това правило. И действително, не виждах как съвет от хора от над националности би дал зелена светлина на експеримент, който е толкова невероятно рискован и толкова странен. Поемам, разбира се, изцяло отговорността за това нелегално решение и ще търпя последствията.

С това Франческа обявява край на пресконференцията.

Епилог

Разкритието за истинския театър на квантите и изказаните съмнения за предприетата процедура без закъснение предизвикват силни емоции. Първо дойде ред на дребнавостите. Председателят на административния съвет на ЦЕРН свиква съвета по спешност, който гласува за отстраняването на Франческа, и решава ЦЕРН да подаде жалба срещу нея и Шарлот Дампиер. Франческа подава оставка и причината за тези действия излиза на бял свят: деветима са кандидатите за нов директор на ЦЕРН. Решението трябва да дойде от Брюксел, но все пак мнението на съвета има своята тежест. Естествено, деветимата кандидати започват веднага борбата.

Други емоции идват от Ватикана. Папата не се изказва по въпроса, но двама високопоставени кардинали изказват мненията си. Първият подлага под съмнение истинността на експеримента. Църквата, казва той, разсъждава години преди да признае съвременни чудеса и няма да признае възкресение, без да е направила разследване. Вторият кардинал се изказва, че църквата не е враг на науката, че тя приема откритията на Галилей и Нютон, но че в този случай науката е отишла много надалеч.

Жалбата на административния съвет, след дискусия, в крайна сметка е депозирана пред Европейския съд. Той обявява жалбата за допустима и започва разследването.

Правителствата на Франция и Италия решават да поемат защитата на своите граждани. Европейският съд решава, че това е недопустимо вмешателство в делата му и дава присъдата си след два месеца: една година тъмничен затвор за двете обвиняеми.

Пресата единодушно се противопоставя на тази присъда. Различни научни институти се изказват срещу нея. Вълната от неодобрение нараства.

Ватиканът обявява, че включва всички трудове на ЦЕРН в своя Индекс на забранените книги. Вълната нараства още повече.

Високопоставен военен обявява, че процедура, която да възкресява мъртвците би била от особен интерес и иска комисия, която да разгледа компютъра на ЦЕРН и да провери дали програмата, за която се предполага, че се е самоунищожила, би могла да бъде възстановена. Директорът на ЦЕРН, който оттогава се е сменил два пъти, е убеден антимиитарист. Отказва високомерно предложението.

Вълната ще се превърне ли в цунами?

Няколко дни по-късно, вече през октомври, Шведската академия обявява, че извънредна Нобелова награда в областите информатика, физика и медицина се присъжда на „Шарлот Дампиер, Али Разави и Франческа Рока. За впечатляващия експеримент, който са провели в ЦЕРН по време на неотдавнашния период на ремонт на ускорителя.”

Нобеловият комитет обяснява решението си: „Опитът, извършен от тези трима учени, е експериментално потвърждение за несъмнения потенциал на невронните мрежи, оперирани на изчислителен облак и заредени с информацията от невронните връзки на човешкия мозък, придобита от ускорител на елементарни частици. Това позволи да се симулират успешно и най-фините мозъчни функции, включително и тези, свързани с оцеляването.”

„Шарлот Дампиер се удостоява с наградата за оригиналната концепция на експеримента, и за това, че успява да покаже впечатляваща храброст и сила. Актът ѝ да бъде субект на експеримента може само да предизвика възхищение. Тя възстанови дългата традиция учени да рискуват собствения си живот, за да докажат идеите си.”

„Франческа Рока се осмели да поеме инициативата да престъпи правилата за безопасност на ЦЕРН, които са известни със своята строгост. Тя изобрети физически механизъм, който бе източник на радиоактивно излъчване, който точно да съхрани информацията от невронните връзки на човешкия мозък, и така намери употреба на детектора Атлас в медицината. Всичко това без опита да предизвика каквито и да е повреди на пръстена или на детекторите.”

„Али Разави съумя да усъвършенства компютърните програми, симулиращи работата на невронни мрежи, по такъв начин, че да се адаптират към безкрайната комплексност на невронните връзки в човешкия мозък, с неговите милиарди неврони и техните десетки хиляди връзки. Той съумя да употреби празния период на изчислителния облак – по време на ремонта на колизионния пръстен – за да създаде гигантска невронна мрежа, която да използва компютри от целия свят. Негова отправна точка са данните, предадени от детектора Атлас, който е направил изображение на мозъчните връзки на Шарлот Дампиер.”

„Тази учена направи хронологичен разказ на безвременното си изживяване и на преживяването си на квантовото време и ни даде единствен по рода си разказ за природата на хода на времето.”

„Този експеримент е решаващ принос за разбирането на един метафизичен въпрос от особена важност: възможно ли е преминаването на едно общество от състояние на сбор от индивидуални съзнания, независими едно от друго, към глобална организация, която да надраства индивидуалността и за която вече имаме някои знаци. Сред тях паметта на Google и омото на Хъбъл могат да се разглеждат като аналог за индивидуалните памет и зрение. Този опит поставя повече въпроси, отколкото отговори. Някое заключение не се налага от само себе си, освен това, че трябва да бъде съставен етичен комитет, чиято организация не трябва да се бави повече.”

„Нобеловият комитет твърдо настоява Негово Величество кралят на Швеция да даде лично наградата в ръцете на лауреатите на церемония в Стокхолм.”

Европейският съд е скандализиран. Адвокатите на Франческа и Шарлот подават молби за тяхното временно освобождаване. Съдът не бърза да отговаря. Знаем, понякога правосъдието е бавна песен...

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

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

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

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

Публикуването на представените материали се определя от препоръките на рецензентите.

Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

УКАЗАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ

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

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

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

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

– да няма табулации за нов ред;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Издаването на настоящия брой на списанието
е с финансовата подкрепа
на Европейското физическо дружество.**



Нашите автори:

Екатерина Христова – проф. дфн, ИЯИЯЕ, БАН;

Едуард Уитен – проф. в Институт за напреднали изследвания в Принстън,
Ню Джърси;

Иван Тодоров – академик, ИЯИЯЕ БАН;

Людмил Хаджииванов – доц. д-р, ИЯИЯЕ БАН;

Михаил Стоилов – доц. д-р, ИЯИЯЕ БАН;

Никола Балабанов – проф. дфн, ПУ „Паисий Хилендарски“;

Ганка Камишева – уредник на Музея по история на физическите науки при ИФТТ;

Пенка Лазарова – Съюз на учените в България

Иван Лалов – проф. д-р, Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“;

Евгения Вълчева – проф. д-р, Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“;

Артур Милър – проф. д-р, Юнивърсити Колидж, Лондон;

Ален Кон – проф. във Френския колеж, Париж, в Института за висши научни из-
следвания, Бюр-Сюр-Ивет, в Щатския университет на Охайо, САЩ,
и Университета Вандербилд, САЩ;

Дани Шеро – филолог, съпруга на Ален Кон;

Жак Диксмие – проф., университета на Париж;

Олег Йорданов – доц. д-р, ИЕ БАН.

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 3’2015

СЪДЪРЖАНИЕ

РЕДАКЦИОННО

– Е. Христова – Нобеловата награда по физика
за 2015 година.

НАУКАТА

– Е. Уитен – Какво всеки физик трябва да знае
за струнната теория

– И. Тодоров, Л. Хаджииванов – Квантово
преплитане

НАУЧНИ НОВИНИ

– Л. Ангелова – Първите ярки лазерни рентгенови
лъчи със спектър от многобройни, непреливащи се,
невидими цветове

– М. Стоилов – Ще бъде ли регистриран втори
Хигс бозон на Големия Адронен Колайдер?

– НАО Рожен – „Българската“ червена нова звезда”

ИСТОРИЯ

– Н. Балабанов – Обединеният институт за ядрени
изследвания в Дубна – на 60 години

– С. Язаджиев – Сто години от създаването на
Общата теория на относителността” (интервю)

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– ИНЕРА – Електрохимична система за
импедансна спектроскопия, автоматизирана
микрофлуидна система и компактен цитометър
– За жените в науката – Светът се нуждае от наука,
науката се нуждае от жени.

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

– Г. Камишева – Приносът на Нестор Марков за
обучението по физика и математика

– П. Лазарова – Отчет за провеждането на
младежката научна сесия „Магията на физиката”

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

– И. Лалов, Е. Вълчева – Подпрограмата „Оптиката
и науката за светлината в годината на светлината”

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

– Ален Кон, Дани Шеро и Жак Диксмие –
„Театърът на квантите”

THE WORLD OF PHYSICS 3’2015

CONTENTS

EDITORIAL

– E. Christova – Nobel prize in Physics
for 2015227

THE SCIENCE

– E. Witten – What every physicist should
know about string theory230

– I. Todorov and L. Hadjiivanov –
Quantum entanglement243

SCIENCE NEWS

– L. Angelova – The first bright laser rays with
a spectrum of multiple iridescent invisible colors ...255

– M. Stoilov – Will a second Higgs boson
be registered at the Large Hadron Collider?257

– NAO-ROZHEN – „Bulgarian”
Luminous red nova259

HISTORY

– N. Balabanov – Joint Institute for Nuclear
Research in Dubna at 60261

– St. Yazadjiev – A Century of General
theory of relativity” (an interview)266

SCIENCE AND SOCIETY

– INERA – Electrochemical impedance
spectroscopy system, automated microfluidic
system and compact cytometer271

– For Women in Science – The world needs
science, the science needs women274

PHYSICS AND TEACHING

– G. Kamisheva – The contribution of Nestor
Markov for teaching physics and mathematics.....281

– P. Lazarova – Report on the implementation of
youth scientific session „The Magic of Physics“294

UNION LIFE

– I. Lalov, E. Valcheva – The subprogram “The
Optics and science of light in the year of light”297

SERIAL

– Alain Connes, Danye Chereau and Jacques
Dixmier – “Le Theatre Quantique”302

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

ТОМ XXXVIII, КН. 3, 2015 г.

Издание на Съюза на физиците в България

<http://aiophysics.eu/wop/>

(със спомоществателството на Българска академия на науките)

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Олег Йорданов

<oleg.yordanov@gmail.com>

ЧЛЕНОВЕ

Никола Балабанов

<balabanov_n@abv.bg>

Людмил Вацкичев

<Lyuvats@phys.uni-sofia.bg>

Светослав Рашев

<rashev@issp.bas.bg>

Ганка Камешева

<gkamish@issp.bas.bg>

Евгения Стойновска

<geni_stoinovska@yahoo.com>

Георги Граховски

<grah@inrne.bas.bg>

Александър Ганчев

<aganchev@aubg.bg>

Георги Латев

<glatev@astro.bas.bg>

Лилия Ангелова

<angelova@ie.bas.bg>

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Oleg Yordanov

MEMBERS

Nicola Balabanov

Liudmil Vatzkitchev

Svetoslav Rashev

Ganka Kamisheva

Evgenia Stoinovska

Georgi Grahovski

Alexander Ganchev

Georgi Latev

Liliya Angelova

ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР

Снежана Йорданова

<upb@phys.uni-sofia.bg>

TECHNICAL SECRETARY

Snejana Iordanova

ВОДЕЩ БРОЯ: Олег Йорданов

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

1164 София,

Бул. Джеймс Баучер № 5

☎ 02 862 76 60

e-mail: worldofphysics@abv.bg

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,

1164 Sofia

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева

Дадена за печат на 27.06.2016 г.

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

бул. Цариградско шосе 72

ISSN: 0861-4210



Research and Innovation Capacity Strengthening of
ISSP-BAS in Multifunctional Nanostructures

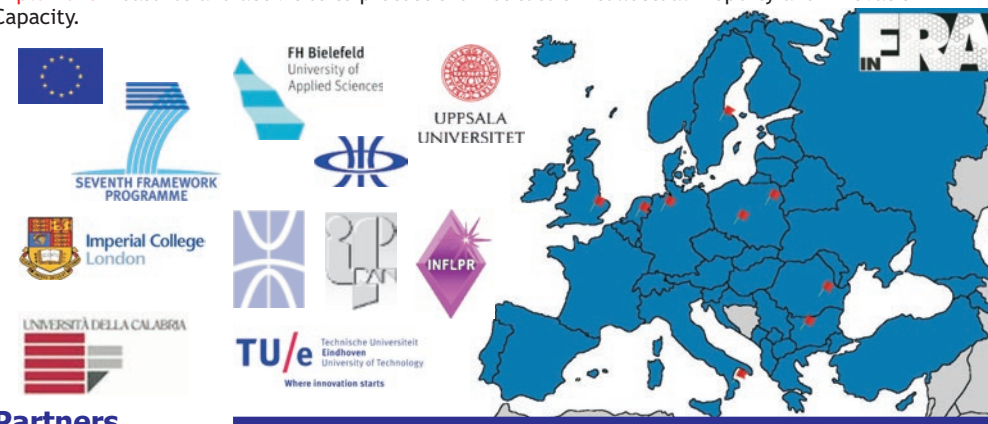
<http://www.inera.org/>

Key Objectives

Improve the existing research potential of the Institute of Solid State Physics at the Bulgarian Academy of Sciences.

Increase the impact of INERA teams' interactions in key technologies of nanosciences, with scientific and non-scientific representatives, within the European Research Area and the region.

Implement measures and activities to protect the Institute's Intellectual Property and Innovation Capacity.



Partners

Department of Chemical Engineering and Chemical Technology, Imperial College, UK

Department of Engineering Sciences, Uppsala University, Sweden

Institute of Physics at Polish Academy of Sciences, Poland

National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics, Romania

International Laboratory for High Magnetic Fields and Low Temperature Physics, Poland

Fachbereich Technik, Bielefeld University of Applied Sciences, Germany

The Liquid Crystal Laboratory at National Research Council and the University of Calabria, Italy

Department of Applied Physics, Eindhoven University of Technology, The Netherlands

Work Groups

WG 1: Graphene and carbon nanotubes growth and implementation (Leader: Assoc. Prof. P. Rafailov)

WG 2: Magnetoelectric single crystals and magnetron-sputtered thin films structures and their implementation (Leader: Prof. M. Gospodinov)

WG 3: Smart window-electrochromic devices and electrochemical splitting of water (Leader: Prof. K. Gesheva)

WG 4: Nanomembrane and liquid crystal nanostructures: research and applications (Leader: Assoc. Prof. Y. Marinov)

WG 5: Lasers and laser assisted annealing of nanostructures (Leader: Assoc. Prof. T. Petrov)

Work Packages

WP 1: Strengthening research infrastructure (Leader: Assoc. Prof. Y. Marinov)

WP 2: ISSP-BAS research organisation and recruitment (Leader: Prof. N. Tonchev)

WP 3: Exchange of knowledge and mobility (Leader: Assoc. Prof. E. Dimova)

WP 4: Innovation capacity building (Leader: Assoc. Prof. M. Grozeva)

WP 5: Strengthening visibility - Integration of ISSP-BAS in ERA as a major player (Leader: Prof. K. Gesheva)

WP 6: Project dissemination (Leader: Prof. H. Chamati)

WP 7: Project management (Leader: Assoc. Prof. E. Vlahov)

WP 8: Evaluation of ISSP-BAS research strategy (Leader: Acad. A.G. Petrov)