

ГОЛЕМИЯТ АДРОНЕН КОЛАЙДЪР (LHC) ЗАПОЧНА РАБОТА

Д. Динев

*“Дори и най-сложните и изглеждащи отвлечени
фундаментални изследвания имат благотворно
въздействие върху благосъстоянието на
човешкото общество.”*

Ч. Ц. Ву (1912-1997)

В Европейския център за ядрени изследвания (CERN), разположен край Женева беше построено едно от най-мощните и сложни съоръжения, създавани някога от човека – Големият адронен колайдър (LHC). В него два насрещно движещи се снопа от протони, предварително ускорени до рекордната енергия от 7 TeV във всеки сноп, ще се сблъскват челно, за да произведат лавина от реакции, регистрирането на които ще позволи на човека да проникне по-дълбоко в строежа на материята и ще го доближи в разбирането на първите мигове от създаването на Вселената – Големия взрив.

Започването на работа на ускорителя се забави с повече от година поради авария в електрическата връзка между два от свръхпроводящите диполни магнита. Това наложи ремонтването и модернизирването на много от системите на ускорителя.

LHC е адронен колайдър¹. В него се осъществяват насрещни удари на протони, движещи се със скорости много близки до скоростта на светлината ($v = 0.999999991$ c). Максималната енергия на колайдъра е 7 TeV на сноп. Само тежки частици могат да се ускорят в циклически ускорители до толкова висока енергия. Леките заредени частици (електрони, позитрони) излъчват по-голямата част от енергията си като електромагнитно лъчение, т.нар. синхротронно лъчение.



Фиг. 1. Големият адронен колайдър (LHC)

Ускоряването на

¹ Д. Динев. Ускорители на частици. Академично издателство „М. Дринов“, 2006

протоните до тази висока скорост става на специално построена „писта“ – подземен тунел с формата на окръжност с дължина 27 km и кръгло напречно сечение с диаметър 3.8 m – Фиг. 1. Тунелът е разположен на границата между Швейцария и Франция на дълбочина от 50 m до 175 m. Протоните пресичат тази граница в четири точки, възползвайки се от безвизовия режим между двете страни.

За да не бъдат „смушавани“ при изпълнението на важната си мисия, протоните се движат в условията на дълбок вакуум – 10^{-10} Тогг. Този вакуум се поддържа в камера от неръждаема стомана с овално сечение и размери: ширина 44 mm и височина 34 mm. Общият обем, който трябва да се вакуумира е 6500 m³. Всъщност вакуумните камери са две, разположени „рамо до рамо“. В тях два протонни снопа се движат в противоположни направления. Насрещните удари между тях се реализират в четири точки, в които са разположени детекторите, регистриращи продуктите на протичащи реакции. Детекторите са разположени в специално изкопани подземни „пещери“ имащи огромни размери.

Върху своята гигантска кръгова орбита протоните се удържат от 1232 свръхпроводящи магнита – Фиг. 2, които противодействат на центробежните сили, а за да не се разбягват протоните се фокусират към орбитата от 392 свръхпроводящи квадруполни лещи.

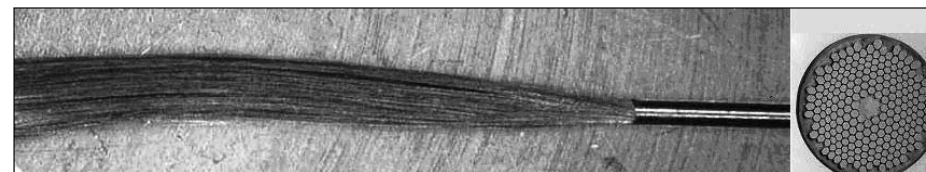
Тъй като двата протонни снопа са едноименно заредени, за да могат протоните да се движат по успоредни и много близко разположени кръгови орбити, но в противоположни направления, управляващите ги магнитни полета трябва да са противно ориентирани – едното поле трябва да сочи вертикално нагоре, а другото вертикално надолу.



Фиг. 2. Свръхпроводящият диполен магнит на LHC

Това може да се постигне чрез използването на отделни свръхпроводящи магнити, с противоположна ориентация на полюсите. В LHC, вероятно вдъхновени от популярната напитка на Nescafe, използват подхода „две-в-едно“, обединявайки двата свръхпроводящи магнита в единен блок. Свръхпроводящите магнити са дълги 14.3 m и тежат по 35 t. Един свръхпроводящ дипол струва 0.5 млн. CHF.

Тези свръхпрово-



Фиг. 3. Свръхпроводящият кабел от NbTi сплав

дящи магнитни елементи работят при рекордно ниска температура – 1.9 K. За охлаждане на свръхпроводящите намотки се използва свръхфлуиден хелий. Това позволява получаването на магнитни полета с голяма сила – 8.33 T. Общо са необходими 96 t течен хелий. Свръхпроводящите намотки са от NbTi сплав – Фиг. 3. Диаметърът на кабела е 1 mm, а диаметърът на една отделна нишка е равен на 6 μ m. В тях се поддържа електрически ток със сила 11700 A.

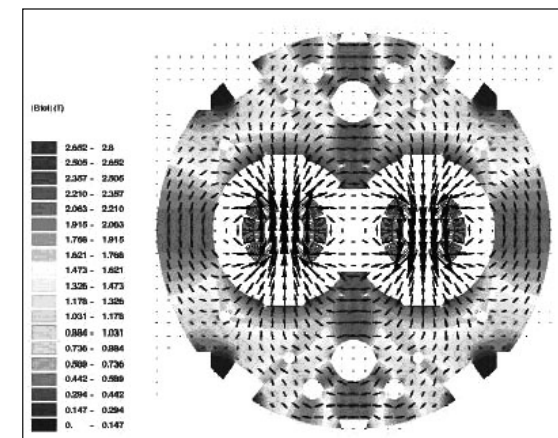
Температурата 1.9 K, до която се охлаждат магнитите на колайдъра, е по-ниска от температурата на космическото пространство – 2.7 K.

Известно е, че при атмосферно налягане хелият се втечнява при температура 4.2 K. При 2.17 K той претърпява нов фазов преход до свръхфлуидно състояние. Свръхфлуидният хелий притежава много висока топлопроводимост, което го прави много подходящ за охлаждането на големи свръхпроводящи системи.

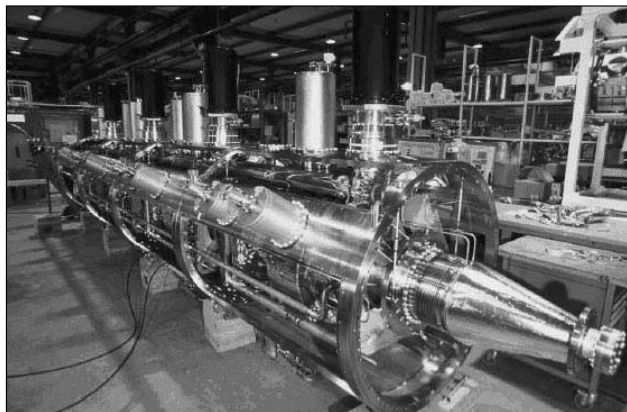
Разпределението на магнитния поток в диполните магнити на LHC е показано на Фиг. 4.

В магнитното поле на колайдъра се натрупва огромна енергия – 10.4 GJ. Тази енергия е достатъчна за разтопяването на 12 t мед. Тя се равнява също на енергията от взрива на 2.5 t TNT.

Протоните започват движението си в LHC с начална енергия 450 GeV (скорост $v = 0.999997828$ c). Те достигат до максималната си енергия от 7 TeV за 20 min, при което се завъртат 13.5 милиона пъти по кръговата орбита (честота на въртене 11.245 kHz). При всеки оборот протоните преминават през т.нар. ускоряващи резонатори – Фиг. 5. Това са устройства, в които се създават силни електромагнитни полета (напрежение 16 MV). При преминаване през ускоряващите резонатори протоните получават от



Фиг. 4. Разпределение на магнитния поток в диполните магнити



Фиг. 5. Свръхпроводящите ускоряващи резонатори

градиент на полето – 5 MV/m. Свръхпроводящите резонатори работят при температура 4.5 K.

Всъщност LHC не е „самотен бегач на дълги разстояния“. Големият адронен колайдър е завършващото звено на една цяла верига от ускорители на частици – ускорителният комплекс на CERN² – Фиг. 6.

Пътят на протоните е както следва. Те се създават в източника на протони (йонния източник) чрез йонизацията на водородни атоми до протони и електрони. Първият ускорител, в който попадат сред раждането си, е един от линейните ускорители на CERN – Linac 2. Тук протоните достигат до „скромната“ енергия от 50 MeV. След това се инжектират в първия ускоряващ пръстен, Бустерния протонен синхротрон – PSB. В този първи пръстен протоните повишават енергията си до 1.4 GeV. Следва друг ускоряващ пръстен, Протонният синхротрон – CPS, където енергията им достига до 26 GeV. Междинно звено между така описаната верига от ускорители и Големия адронен колайдър е Супер протонният синхротрон – SPS. В него кинетичната енергия на протоните достига до „внушителните“ 450 GeV. Протоните се натрупват в LHC в продължение на 4 min и 20 s на пръстен. Както вече беше отбелязано, те достигат до максималната си кинетична енергия от 7 TeV в течение на 20 min.

На Фиг. 7 е показана фотография на протонния сноп на входа на Големия адронен колайдър.

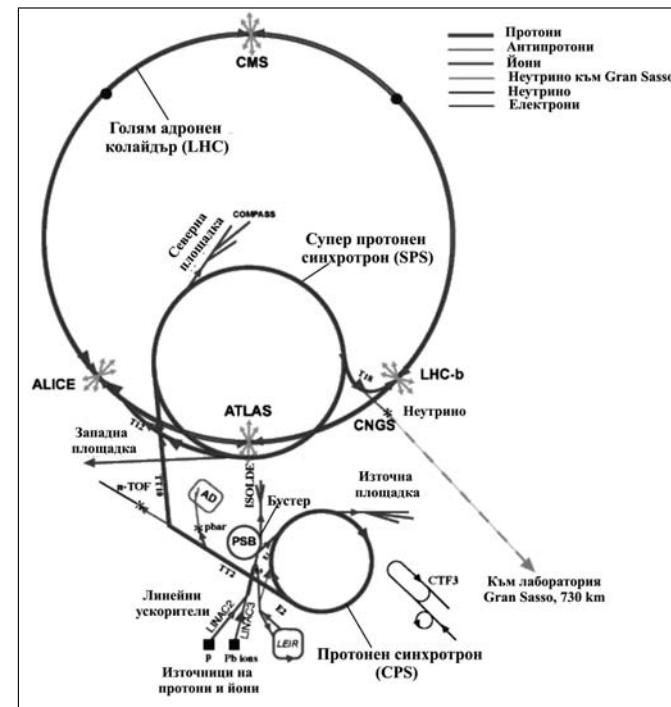
Синхронизацията в работата на всички тези ускорители трябва да е перфектна, от порядъка на части от наносекундата.

Интензивността на ускоряваните протонни снопове ще бъде висока – ток на снопа 530 mA. Всеки един от двата сблъскващи се снопа се състои от 2808 порции (bunch) от частици, като във всяка порция има $1.15 \cdot 10^{11}$ протона. Порциите следват една след

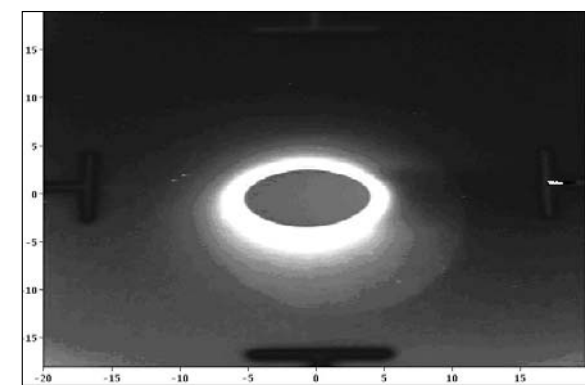
електромагнитното поле порция енергия (485 keV). Така при всяко завъртане по орбитата протоните получават поредния „тласък“ и след получаването на 13.5 милиона подобни тласъка те вече са готови за своята величавата мисия. Общо се използват 8 резонатора на сноп. Те също са свръхпроводящи, което позволява получаването на много висок качествен фактор Q и на много висок

друга през интервал от 25 ns. Това позволява да се получи голяма светимост на колайдъра – $L = 1.0 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. В LHC ще има около 600 млн. удара на протон с протон в секунда. За да се постигне тази висока светимост в точките на ударите протонните снопове се фокусират допълнително до напречен размер $15.9 \times 15.9 \text{ } \mu\text{m}$. За сравнение ще отбележим, че човешкият косъм е дебел около 50 μm .

Ще припомним, че в един колайдър скоростта на регистрацията на едно събитие ($dN/dt, \text{ s}^{-1}$) = светимостта на колайдъра ($L, \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) x сечението на процеса ($\sigma, \text{ cm}^2$). Проектната светимост на LHC е $L = 1.0 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, а пълното сечение на нееластично p-p разсейване при енергия 7 TeV е $\sigma = 60 \text{ mbarn}$. Умножаването на тези две числа дава 600 млн. събития в секунда. Много малка част от тези събития са „полезни“, т.е. водят до нова физика. Тъй като сеченията на процесите, които ще се изучават с помощта на LHC са много малки, само от 10 до 100 стълкновения в секунда могат да са потенциално интересни. Някои събития дори са толкова редки, че ще се регистрира едно събитие за няколко часа



Фиг. 6. Ускорителният комплекс на CERN



Фиг. 7. Фотография на протонния сноп на входа на LHC

² Д. Динев. Ускорителният комплекс на ЦЕРН. Светът на физиката, №2, 2000, стр. 118-130



Фиг. 8. Командната зала на LHC

сноп. Тази енергия е еквивалентна на енергията, отделяна при взрива на 90 kg TNT. Огромната енергия на всеки ускорен сноп е концентрирана в нищожно количество вещество; само 1.10^{-9} g водород.

На Фиг. 8 е показана командната зала на Големия адронен колайдър.

Преди LHC в 27 километровия подземен тунел беше разположен друг ускорител – Големият електрон-позитронен колайдър (LEP). В LEP се реализираха насрещни удари на електрони и позитрони при енергия 200 GeV в СЦМ. LEP беше лептонен колайдър. С помощта на LEP бяха осъществени важни експерименти, уточняващи съвременната представа за строежа на микросвета, т.нар. Стандартен модел на частиците и силите³. LEP беше демонтиран през 2000 г.

Създаването на Големия адронен колайдър започна през 1995 г. При построяването на LHC трябваше да се решат множество изключително сложни инженерни и технологични задачи. Важен принос в този дълъг и сложен процес има и един българин – д-р Добрин Калчев. Той е една от основните фигури при създаването на системата от колиматори, с чиято помощ се отстранява халото на протонните снопове и с това значително се повишава прецизността на измерванията.

Най-общо казано, физическата програма на Големия адронен колайдър предвижда изучаването на закономерностите, властващи в света на най-малкото, в една нова област от енергии.

Една от големите загадки на микросвета е тази за произхода на масата⁴. Масата на електрона определя размера на атомите. На голямата маса на междинните векторни бозони W и Z се дължи „слабостта“ на слабото взаимодействие. Но Стандартният модел не обяснява защо едни частици са тежки, докато други са безмасови. Защо във

или дори за няколко дена. Ето защо постигането на проектната светимост на LHC е изключително важно. Това е и една много трудна задача, която е свързана с решаването на множество научни и технически предизвикателства.

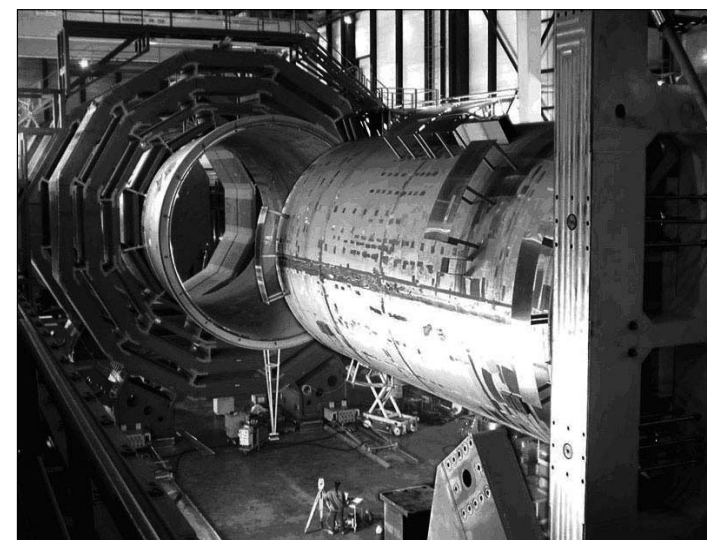
Поради голямата кинетична енергия на всеки ускорен протон и високата интензивност на сноповете в тях се натрупва много голяма енергия – 362 MJ/

Вселената се наблюдават толкова много типове елементарни частици? В Стандартния модел за обясняване на произхода на масата е въведен т.нар. механизъм на Хигс (Higgs), който предсказва съществуването на нова частица, т.нар. бозон на Хигс. В съответствие с механизма на Хигс цялото пространство е изпълнено с т.нар. поле на Хигс. При взаимодействието си с това поле частиците придобиват маса. Онези частици, които взаимодействат по-силно с полето на Хигс са по-тежки, а тези, които взаимодействат по-слабо са по-леки. Засега бозонът на Хигс не е наблюдаван. Експерименти, проведени на LEP, показаха, че масата на Хигс бозона трябва да е над 114 GeV. Експериментите CDF и Dzero, проведени във FNAL, изключват също стойността 170 GeV (с 95% вероятност) – Фиг. 9. Според някои теоретични оценки масата на Хигс частицата трябва да е от порядъка на масата на t-кварка, която е $m_t = 174.3 \pm 5.1$ GeV.



Фиг. 9. Потенциална маса на Хигс бозона

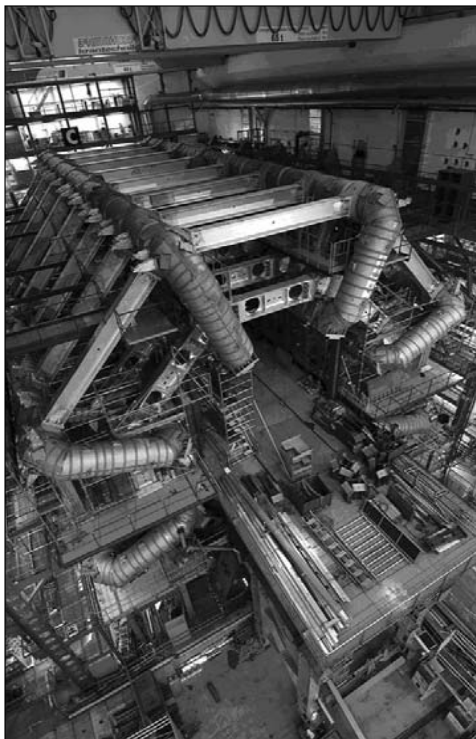
Откриването на Хигс бозона би поставило „последната тухла“ в зданието на Стандартния модел. Теорията предсказва, че масата на Хигс бозона трябва да е в диапазона от енергии достъпни за LHC. На търсенето на бозона на Хигс са посветени два от експериментите, които ще се проведат на LHC – CMS – Фиг. 10 и ATLAS – Фиг. 11.



Фиг. 10. Детекторът CMS

³ Д. Грос. Нобелова лекция. Светът на физиката, №2 и № 3, 2007, стр. 125 и 249

⁴ Г. Кейн. Загадката на масата. Светът на физиката, №4, 2006, стр. 387-395



Фиг. 11. Детекторът ATLAS

не на разпадането на мезони, съдържащи b и s кварки. Ще могат да се измерят с голяма точност всички ъгли на т.нар. триъгълник на унитарността (Unitarity triangle), които в Стандартния модел се явяват мярка за нарушаването на комбинираната четност. Ще се търсят и допълнителни източници на CP violation. Повече информация за експеримента LHCb ще намерите на адрес: <http://lhcb.web.cern.ch/lhcb>.

Освен насрещни удари на високоенергетични протони в LHC ще могат да се реализират и насрещни удари на ускорени до релативистки скорости тежки йони ($^{208}\text{Pb}^{82+}$ йони с енергия 2.76 TeV/u). Това ще позволи да се погледне върху състоянието на материята, такава, каквато тя е била в най-ранната Вселена, още преди кварките и глюоните да са „кондензирали“ в адрони и в последна сметка в протони и неутрони, изграждащи материята, която познаваме от ежедневиия живот. Когато два тежки йона се сблъскат при много висока енергия, те формират много гореща и плътна материя. Засега насрещни

⁵ Д. Динев. 2004 донесе интересни резултати във физиката на частиците и в ядрената физика. Светът на физиката. №2, 2005, стр. 139-150

⁶ Д. Динев. Фабрики за частици. Светът на физиката, №2, 2002, стр. 112-119

LHC позволява Хигс бозонът да бъде регистриран даже ако неговата маса е 1 TeV. Повече информация за експериментите ATLAS и CMS ще намерите на адреси: <http://atlas.ch> и <http://cms.cern.ch>.

Друг експеримент – LHCb – Фиг. 12, е посветен на изучаване на разликите в поведението на частиците, изграждащи материята, и тези, изграждащи антиматерията. На тази разлика се дължи наблюдаваната във Вселената асиметрия материя-антиматерия. Едно от фундаменталните различия между частиците и античастиците се състои в нарушаването на т.нар. комбинирана четност (CP violation)⁵. То е наблюдавано при K и B мезоните – частици, съдържащи s и b кварк. В Стандартния модел нарушаването на комбинираната четност се обяснява от т.нар. СКМ теория (Cabibbo-Kobayashi-Maskawa). Неотдавна експерименти проведени с помощта на т.нар. В-фабрики⁶: PEP-II в SLAC, САЩ, и KEK-B в KEK, Япония, потвърдиха СКМ механизма. Експериментът LHCb дава уникални възможности за изучава-

удари на ускорени до висока енергия тежки йони ($^{197}\text{Au}^{79+}$ йони с енергия 100 GeV/u) се реализират в йон-йонния колайдър RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) в Националната лаборатория на САЩ в Брукхайвън. Четвъртият експеримент – ALICE – Фиг. 13, който е посветен на експерименти с тежки йони, ще позволи значително да се разширят възможностите на RHIC, като се навлезе в нова област от температури и налягания. Ще се търсят и доказателства за съществуването на уникална форма на материята, т.нар. кварк-глюонна плазма. Повече информация за експеримента ALICE ще намерите на адрес: <http://aliceinfo.cern.ch>.

От казаното по-горе се вижда, че научната програма на Големия адронен колайдър е обширна. Основните направления в тази програма могат да се обобщат по следния начин:

- Изследване на механизма на Хигс
- Търсене на суперсиметрии
- Изследване на t -кварките
- Изследване на кварк-глюонната плазма
- Изследване на фотон-адронните и фотон-фотонните взаимодействия

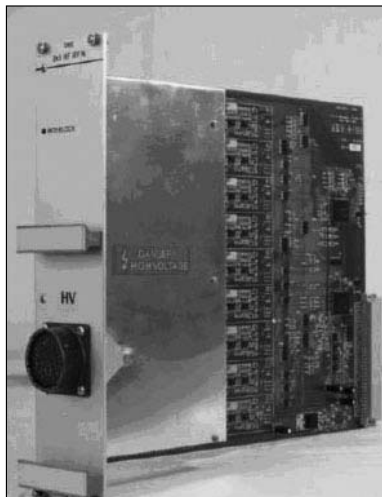
Ще бъдат подложени на експериментална проверка и редица „екзотични“ теории, които отиват отвъд Стандартния модел: модели с по-голям брой пространствено-времени размерности, модели, в които кварките и лептоните се разглеждат като съставни частици, модели, въвеждащи взаимодействия от нов тип и др.



Фиг. 12. Детекторът LHCb



Фиг. 13. Детекторът ALICE



Фиг. 14. Един от високоволтовите захранващи блокове разработени от проф. И. Ванков и сътрудници

снопа при енергия 450 x 450 GeV бяха регистрирани от детектора CMS на 23 ноември 2009 г. – Фиг. 16. Със своя всеотдаен и резултатен труд, с показаната висока квалификация и компетентност тези колеги достойно защитиха името на България.



Фиг. 15. Част от българските специалисти, участвали в създаването на детектора CMS

България е страна членка на CERN. Голяма група физици и инженери от Българската академия на науките и от Софийския университет “Св. Климент Охридски” участват активно в създаването на уникалната система от детектори и електронна измерителна апаратура на експеримента CMS. Колектив на ИИЯЕ с ръководител проф. Иван Ванков създаде компютърно управляеми високоволтови захранващи устройства с уникални характеристики – Фиг. 14.

Физици и инженери от лаборатория „Високи енергии” на ИИЯЕ с ръководител ст. н. с. Владимир Генчев и от катедра “Атомна физика” на Физическия факултет на Софийския университет с ръководител доц. Леандър Литов създадоха камери със съпротивителна плоскост (Resistive Plate Chambers – RPC) – Фиг. 15.

125 RPC са произведени в ИИЯЕ и инсталирани в магнитната структура на експеримента CMS. Първите челни удари между двата протонни

Експериментите, провеждани с LHC, ще произвеждат огромен обем данни – около 12-14 млн Gigabytes на година. За да се запази тази информация, ще са необходими 20 млн CDs. Анализират на всички тези данни би изисквало 70 хил. най-бързи PCs. В обработката на информацията са обединени усилията на хиляди учени от всички континенти. Успешното развитие на съвременните фундаментални науки в голяма степен зависи от бързия и надежден обмен на информация между изследователите и научните центрове.

Широко известно е, че компютърната технология World Wide Web (WWW) беше създадена и развита в CERN за нуждите на физиката на високите енергии. Тя беше създадена в CERN през 1989 г. от Tim Berners-Lee. Тази технология позволява на милионите компютри, свързани към

световната мрежа Internet, да обменят големи обеми информация по един лесен и сигурен начин.

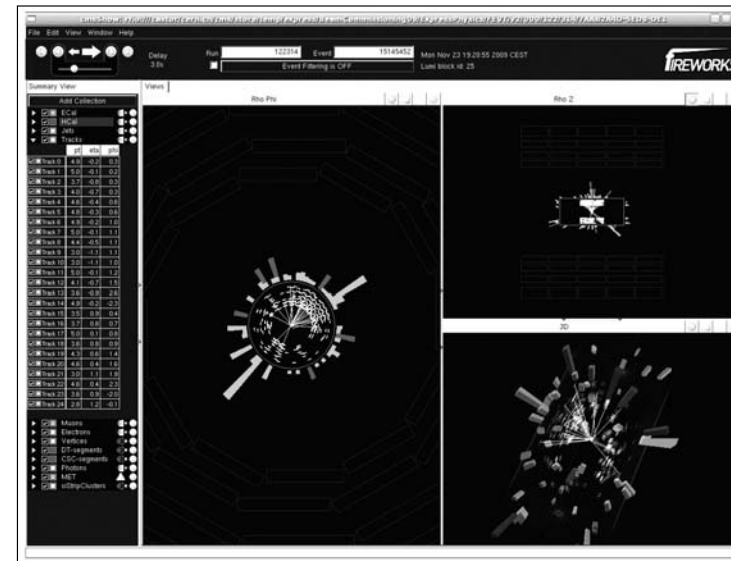
С настъпването на ерата на Големия адронен колайдър е свързано създаването на нова, още по-мощна концепция, наречена GRID. GRID е технология, позволяваща споделянето на компютърните ресурси и на

ресурсите за запазването на данни в географски отдалечени точки. GRID свързва най-големите компютърни центрове. Физически GRID се състои от клъстери PCs, суперкомпютри, дискови и лентови запамятаващи устройства и компютърна мрежа, която свързва всички тези устройства в едно единно цяло. Базовият софтуер, който свързва компютърните компоненти и приложения, е Middleware.

България също участва в инициативата GRID. Създаден е “Български GRID консорциум”, в който участват редица институти на БАН и факултети на СУ и ПУ – виж: <http://www.grid.bas.bg>.

На Фиг. 17 е показан компютърният клъстер на ИИЯЕ-БАН.

Във връзка с повишаването на екологичното съзнание се поставя и резонният въпрос за това не са ли опасни експериментите, провеждани на Големия адронен колайдър, за околната среда? Отговорът е отрицателен. За разлика от ядрените реактори в ускорителите не протичат самоподдържащи се процеси. Достатъчно е да се изключи захранващото напрежение на йонния източник (в LHC това е източник на протони или източник на йони на оловото) и генерирането на йонизираща радиация (първична и вторична) се прекратява. Когато ускорителят работи, защитата на персонала и на околната среда от йонизиращата радиация се осъществява от специално проектирана биологична защита. В LHC това се постига чрез разполагането на колайдъра в подземен тунел, разположен дълбоко под земната повърхност. Наистина в процеса на ускорение има и неизбежни загуби на частици от ускорявания сноп. Частиците, напускащи снопа,



Фиг. 16. Първите насрецини удари между протонните снопове, регистрирани от детектора CMS на 23 ноември 2009 г.



Фиг. 17. Компютърният клъстер на ИЯИЯЕ-БАН

бомбардират различни части от оборудването на ускорителя с висока енергия и водят до появата на индуцирана радиоактивност. Активността на мишените и на ускорителното оборудване е в резултат на нееластичното взаимодействие на протоните с ядрата. За щастие характерните времена на полуразпад са в границите от минути до няколко години. За да се сведат до минимум загубите на частици в ЛНС, се използва сложна система от колиматири. Колимиращата система е много важна и от гледна точка на отстраняването на халото на ускорявания сноп частици. С това значи-

телно се намалява фоновото лъчение, което пречи на нормалната работа на детекторите.

От различни среди се поставя и по-общият въпрос за това не са ли опасни провежданите експерименти за самото съществуване на нашата планета и дори на Вселената? Няма ли тези експерименти да доведат до глобална катастрофа? Няма ли при сблъскването на двата протонни снопа да се роди черна дупка, която като някаква ненаситна ламя ще започне да поглъща в себе си материя, докато не погълне всичко наоколо? Отговорът на тези глобални страхове е отново отрицателен. Заключениеето за безопасността на поставяните експерименти не е израз на някакво бодряшко безгрижие. То се базира на стройната система от физични знания, на данните от работата на другите ускорители и от астрофизиката. Въпреки това физиците, ангажирани със създаването на Големия адронен колайдър, подхождат към подобен род въпроси изключително хладнокръвно и отговорно. Създадена е група от независими експерти, наречена LSAG (LHC Safety Assessment Group), която детайлно е изучила и обосновала безопасния характер на поставените на ЛНС експерименти. В тази група всеки учен застава със своето име. Докладът на LSAG е озаглавен "Review of the Safety of LHC Collisions" и може да се

намери на адрес: <http://lsag.web.cern.ch/lsag/LSAG-Report.pdf>^{7*}. В своите заключения тази комисия използва най-новите теоретични, експериментални и астрофизични данни. Основният аргумент срещу сценария на „глобалната катастрофа“ се базира на факта, че в рамките на Вселената Големият адронен колайдър е един много скромен експеримент. Всъщност нашата планета е подложена на непрекъснатото бомбардиране с високоенергетични частици, т. нар. космично лъчение. Както е известно космическото пространство е запълнено с високоенергетични стабилни частици – протони α -частици и др. Интензивността на първичното космично лъчение е 2-4 частици/cm²s. Енергетичния спектър на космичното лъчение се простира до много високи енергии, но частиците със свръхвисока енергия ($>10^7$ GeV) са много малко (една частица на 1 m² от земната повърхност за 1 г.). Средната енергия е около 10 GeV. За времето на съществуване на нашата планета (около 5 млрд. г.) вече са се случили 10⁵ пъти повече взаимодействия между частици с висока енергия, отколкото това предстои да се случи в ЛНС. Всъщност всяка секунда във Вселената протичат милиони експерименти, с енергия, която е равна или много по-голяма от тази в ЛНС.

В създаването на Големия адронен колайдър взеха участие над 2 хил. физици и инженери от 34 страни от всички континенти. Това беше едно наистина световно усилие, в което се включиха стотици научни институти и университети. Цената на колайдъра е 2.86 млрд. евро, а заедно с детекторите, реконструкцията на съществуващите ускорители и изчислителния комплекс тя достига 3.76 млрд. евро.

Сега, когато трудностите по строителството на Големия адронен колайдър са останали назад в историята, цялата международна научна общност с нетърпение и любопитство очаква резултатите на физичните експерименти.

Създаването на Големия адронен колайдър (ЛНС) се нарежда сред най-великите постижения на човечеството, истински апотеоз на вечно търсещия човешки дух.

Повече информация за ЛНС на адрес: <http://lhc.web.cern.ch/lhc>.

^{7*} Виж също: J. Ellis, G. Giudice, M. Mangano, I. Tkachev, U. Wiedemann. Review of the safety of LHC collisions. J. Phys. G: Nucl. Part. Phys., v.35, 2008, p.115004

ЙЕРАРХИЯТА НА ФУНДАМЕНТАЛНИТЕ КОНСТАНТИ

В. А. Рубаков

1. Въведение

Проблемите от списъка на В. Л. Гинзбург, за които става дума [а], се отнасят от една страна към физиката на елементарните частици (Стандартен модел, Велико обединение, суперобединение, взаимодействие на частиците при високи енергии), а от друга – към космологията (проблемът за тъмната материя и тъмната енергия). Съвременният етап на развитие на тези фундаментални раздели на естествознанието е съвсем особен. Многогодишните усилия на учените, работещи в областта на физиката на високите енергии (в широкия смисъл на тази дума), позволиха да се изяснят свойствата на елементарните частици и техните взаимодействия до енергии и маси от порядъка на 100 GeV и разстояния 10^{-16} см. По същото време бурният напредък в областта на космологията, на първо място наблюдателната, доведе до това, че свойствата на съвременната и ранната Вселена, особеностите на нейната еволюция днес са известни не само качествено, но и количествено, при това с добра точност.

Въпреки това споменатите проблеми остават нерешени. Нещо повече – съвременното разбиране на тези проблеми води до заключението, че пред фундаменталната физика възникват въпроси от напълно нов тип и в близко бъдеще е възможно да настъпят съвършено радикални допълнения към днешните представи за законите на природата.

Към това ни насочват две групи съображения. Едната е свързана с това, че за интерпретацията на наблюдаемите космологични данни е необходимо да се привлекат хипотези, излизащи извън рамките на известните ни представи за физиката на елементарните частици и техните взаимодействия; нещо повече – даже с помощта на новите хипотези някои свойства на Вселената (по-точно – на наблюдаемата ѝ част) не намират удовлетворително обяснение, а изглеждат като случайни съвпадения. Другите съображения са включени в рамките на самата физика на частиците, където съществува йерархия – различия с няколко порядъка, а понякога и на много порядъци на стойности между фундаменталните константи, разбирани в широкия смисъл като безразмерни параметри на теорията; надеждно, експериментално проверено обяснение на тази йерархия до ден днешен не съществува, а някои от тях не се поддават на обяснение даже и с помощта на някаква правдоподобна хипотеза.

Целта на това изложение е да се посочат накратко някои от съображенията, да се пояснят изводите, към които те подтикват, и доколко бъдещите експерименти могат да потвърдят тези изводи. Ключови, от такава гледна точка, трябва да станат експериментите на въвеждания в експлоатация протон-протонен колайдер LHC (Large Hadron Collider) в ЦЕРН с енергия на сблъскване 7×7 TeV, когато ще стане достъпна нова област на енергии, характеризираща се с мащаб 1 TeV и даже малко над него. Началото на работа

на LHC е запланирано за 2008 г, така че ситуацията трябва да се изясни в близко бъдеще. Това е още една особеност на съвременния етап на фундаменталната физика.

2. Йерархията във физиката на частиците

Всички известни елементарни частици и техните взаимодействия, с изключение на неутринните осцилации, се описват с теория, която по традиция наричат Стандартен модел на физиката на частиците (вж. например, [1]). Тази теория е достатъчно проста.

Съставът на частиците е показан на фиг. 1, а като взаимодействия се проявяват електромагнитните (с преносител фотона), слабите (с преносител

W и Z-бозоните) и силните (с преносител – глюоните). Силните взаимодействия между кварките и глюоните се описват от квантовата хромодинамика – калибровъчна теория, основаваща се на цветната група $SU(3)_c$, а електромагнитните и слабите взаимодействия са обединени в единно електрослабо взаимодействие с калибровъчна група $SU(2)_w \times U(1)_y$. За по-нататъшното изложение е важно да се знае, че в теорията има три константи на калибровъчните взаимодействия α_3 , α_2 и α_1 , в съответствие с трите множителя на пълната калибровъчна група $SU(3)_c \times SU(2)_w \times U(1)_y$ (в действителност тези константи зависят от енергията, за което ще стане дума по-нататък). Константата на електромагнитните взаимодействия $\alpha = 1/137$ е комбинация от α_1 и α_2 .

Масите на кварките, заредените лептони, W- и Z-бозоните са обусловени, изглежда, от механизма на Хигс. А именно: предполага се, че покрай известните полета в природата съществува поне едно известно поле – скаларното поле на Хигс, с различно от нула вакуумно средно – хигсовският кондензат, взаимодействието с което и води до съществуването на масите на частиците. Ситуацията тук е много аналогична с възникването на ефекта на Майснер (появяването на “маса” на магнитното поле) в резултат на образуване на кондензата на ефективното скаларно поле в модела на свръхпроводимостта на Гинзбург-Ландау. В Минималния стандартен модел с едно хигсовско поле винаги съществува една допълнителна частица – бозонът на Хигс, търсенето на която представлява една от основните задачи на LHC (вж например, [2]). Вакуумното средно на хигсовското поле ϕ задава характерния за електрослабата теория мащаб на енергията и масата:

$$\Lambda_{EW} = \langle \phi \rangle = 247 \text{ GeV.} \quad (1)$$

Разликата в масите на кварките, заредените лептони, а също и на W- и Z-бозоните

Три семейства частици			
Лептони	$\begin{pmatrix} e \\ \nu_e \end{pmatrix}$,	$\begin{pmatrix} \mu \\ \nu_\mu \end{pmatrix}$,	$\begin{pmatrix} \tau \\ \nu_\tau \end{pmatrix}$
Кварки	$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$,	$\begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}$,	$\begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$
+ АНТИЧАСТИЦИ			
e^+ : позитрон,...			
$\bar{\nu}_e$: антинеутрино,...			
$\bar{u}$: антикварки,...			
+ частици, отговарящи за взаимодействието: фотон, глюони, W, Z, гравитон + Хигс бозон (още не е открит)			

Фиг. 1

е свързана с разликите между взаимодействията на съответстващите им полета с полето на Хигс. Масата на всяка частица е пропорционална на съответстващата константа – една от безразмерните константи на връзка с хигсовското поле, които не са равни помежду си. В Стандартния модел тези константи на връзка са произволни параметри, които се определят експериментално въз основа на измервания на масите на частиците (и ъглите на смесване).

В рамките на Стандартния модел има още един мащаб на енергия. Характеризира силните взаимодействия и се оценява като

$$\Lambda_{\text{QCD}} \approx 200 \text{ MeV.} \quad (2)$$

Именно в този мащаб се определят основно масите на частиците, състоящи се от леки кварки, например на протона, неутрона или ρ -мезона (вж. например [3]) Вакуумът на квантовата хромодинамика се характеризира с кварковия и глюонен кондензат, чиито величини са определят от мащаба на Λ_{QCD} . Тези кондензати дават основните приноси в масите на частиците, състоящи се от леките кварки). Мащабите на Λ_{EW} и Λ_{QCD} в рамките на Стандартния модел са независими и съотношението между тях по принцип може да бъде всякакво.

Разбира се, в природата съществува и гравитационното взаимодействие със своя характерен мащаб на енергия – масата на Планк:

$$M_{\text{Pl}} \approx 10^{19} \text{ GeV.} \quad (3)$$

Вижда се, че мащабите на енергия за различните взаимодействия са различни. Това е и проблема за калибровката на йерархията, който може да бъде формулиран по следния начин: защо мащабите на силните и електрослабите взаимодействия са доста близки, а мащабът на гравитационното взаимодействие така силно се отличава от тях?

В рамките на самия Стандартен модел този въпрос няма отговор, защото мащабите Λ_{QCD} , Λ_{EW} и M_{Pl} са свършено независими. Традиционното обяснение за това е, че Стандартният модел не е пълна теория, а калибровъчната йерархия по естествен начин възниква в теорията на разширения Стандартен модел.

Една от най-популярните хипотези, обясняващи малката стойност на Λ_{QCD} в сравнение с M_{Pl} , е хипотезата за Великото обединение, предполагащо, че при свръх-високи енергии съществува единно калибровъчно взаимодействие, което по M_{GUT} не се отличава силно от M_{Pl} , “разцепвайки се” на силно и електрослабо взаимодействие (единната и проста калибровъчна група се нарушава, извършва се преход към групата $SU(3)_c \times SU(2)_w \times U(1)$). За такова разцепване може да отговаря и механизмът на Хигс, но вече с по-голяма стойност на вакуумното средно на хигсовското поле $\langle \phi \rangle$. Разбира се, полето ϕ трябва да се включва в теорията допълнително към хигсовското поле на Стандартния модел.

В реалистичните модели $M_{\text{GUT}} \approx 10^{16} \text{ GeV}$, което е доста близко до M_{Pl} . Калибровъчните константи в действителност не са константи, те се изменят в зависимост от енергията в съответствие с уравненията на ренормгрупата. При енергии, надвишаващи M_{GUT} , достигаем до единна калибровъчна константа, където

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3, E > M_{\text{GUT}} \quad (4)$$

При $E < M_{\text{GUT}}$ калибровъчните константи α_1 , α_2 и α_3 еволюират с намаляване на енергията по различен начин, като условието (4) играе роля на начално условие в ренормгрупата, което схематично е изобразено на фиг. 2.

Съществено е, че тази еволюция е *логаритмична*, т.е. калибровъчните константи се изменят с енергията бавно. В частност, константа на силните взаимодействия има поведение

$$\alpha_3(E) = \alpha_{\text{GUT}} / (1 + \beta \alpha_{\text{GUT}} \ln(E/M_{\text{GUT}})) \quad (5)$$

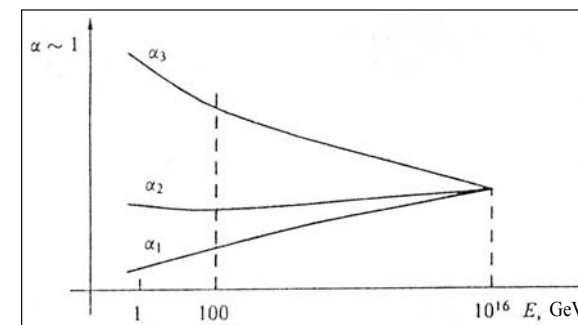
където константата β се определя от състава по цветово заредени частици с маси в интервала $E < m < M_{\text{GUT}}$, а α_{GUT} е калибровъчната константа (единна за всички взаимодействия) на мащабите на M_{GUT} , която се оказва доста малка: $\alpha_{\text{GUT}} \sim 1/20 - 1/40$, в зависимост от модела. Константата β е положителна, така че $\alpha_3(E)$ нараства при намаляване на енергията (и обратно, намалява при увеличаване на енергията, което съответства на асимптотичната свобода в квантовата електродинамика). Мащабът Λ_{QCD} съответства на стойности на енергията, при които константата α_3 става от порядъка на единица и квантовата хромодинамика влиза в режим на силна връзка. Благодарение на логаритмичната зависимост в (5) този мащаб на енергия е *експоненциално* малък в сравнение с мащаба на M_{GUT}

$$\alpha_3(\Lambda_{\text{QCD}}) \sim 1, \Lambda_{\text{QCD}} = M_{\text{GUT}} \exp(-\text{const}/\alpha_{\text{GUT}}) \quad (6)$$

При такъв механизъм проблемът за йерархията между Λ_{QCD} и M_{Pl} (по-точно между Λ_{QCD} и M_{GUT}) намира елегантно решение.

По подобен начин може да се реши и проблемът на йерархията между Λ_{EW} и M_{Pl} . В този случай става дума за логаритмично изменение с енергията на параметрите на хигсовския сектор. В същото време *съотношението между Λ_{QCD} и Λ_{EW} има случаен характер*: без специален подбор на параметрите стойностите на Λ_{QCD} и Λ_{EW} биха се отличавали експоненциално един от друг. Естествен механизъм, обезпечаваш равенството на Λ_{QCD} и Λ_{EW} в границите на три порядъка на стойностите, до днес не е предложен.

Обединението на калибровъчните константи, т.е. тяхното равенство $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$ при някакъв мащаб M_{GUT} не следва автоматически: трите криви, казано най-общо, не минават през една точка. Ако не се разшири съставът на частиците на Стандартния модел, то такова обединение няма да има. По такъв начин Голямото Обединение изисква разширение на Стандартния модел и то при достатъчно ниски енергии. Най-популярното разширение, обезпечавашо обединението на калибровъчните константи, е моделът на нискоенергетичната суперсиметрия (вж. напр. [4-6], макар да има и други възможности,



Фиг. 2

като разширената суперсиметрия или модела с допълнителни изодублетни фермиони [7, 8]. Суперсиметричните теории, за разлика от много други модели, осигуряват и стабилност на величината Λ_{EW} , която представлява още един допълнителен проблем на Стандартния модел. Този проблем се състои в следното. Към квадрата на масата на Хигс бозона m_H и съответно към квадрата на вакуумното средно на хигсовското поле $\langle \phi \rangle$ трябва да има, казано най-общо, радиационни поправки. За разлика от другите радиационни поправки тези са разходими квадратично, а не логаритмично, така че радиационните поправки към обектослабия мащаб имат структурата

$$\delta \Lambda_{EW}^2 \sim \delta m_H^2 = F(g) \Lambda_{UV}^2 \quad (7)$$

където $F(g)$ е напълно определена комбинация на константите на връзките на теорията, а Λ_{UV}^2 е параметър на ултравиолетовото обрязване. В Стандартния модел

$$\delta m_H^2 \approx 0,1 \Lambda_{UV}^2 \quad (8)$$

Ако възприемаме Стандартния модел като пълна теория, работеща до планковите мащаби, и положим $\Lambda_{UV} \sim M_{Pl}$, то първоначалната стойност m_H^2 трябва да се подбере така, че напълно да се съкрати приносът на (7) с точност не по-малка от 10^{-32} , във всички порядъци на теорията на пертурбациите (!)

Но на този проблем може да се погледне и от друга страна. А именно, да предположим, че Стандартният модел представлява част от по-широка теория с подобро ултравиолетово поведение. Конкретно да предположим, че в тази по-широка теория квадратичните ултравиолетови разходимости в δm_H^2 отсъстват. Тогава в качеството на Λ_{UV} ще действа мащабът на “новата физика”, т.е. мащабът на масите на новите частици: действително, до тези енергии приносите в δm_H^2 дават изключително полета само на Стандартния модел, и едва при енергии, превишаващи Λ_{UV} , тези приноси се съкращават благодарение на “новата физика”. Оценката на (8) показва, че енергетичният мащаб на “новата физика”, ако не предположим тънка настройка на параметрите, трябва да бъде от порядъка на

$$\Lambda_{UV} \sim 300 \text{ GeV} \div 1 \text{ TeV} \quad (9)$$

т.е. да се намира точно в областта на енергиите на LHC. Това съображение е основното за очакването, че покрай хигс-бозона на този ускорител ще бъдат открити и други нови частици и явления.

Нискоенергетичната суперсиметрия е един от възможните сценарии за “новата физика”. В суперсиметричните теории квадратичните разходимости от типа на (7) се съкращават благодарение на приноса на новите частици – суперсиметричните партньори на частиците от Стандартния модел. На основание на казаното по-горе, по-големите маси на тези частици трябва да лежат в областите на няколкостотин, до няколко тераелектронволта, което е напълно достъпно за експериментите на LHC. Не може да не подчертаем обаче, че вече съществуващите експериментални данни съществено ограничават областта на разрешените параметри на моделите с нискоенергетична суперсиметрия. Като илюстрация на фиг. 3 е показана областта на теоретично допустимите безразмерни параметри, заедно с разрешената област в един от простите мо-

дели – т.нар. модел mSUGRA (minimal supergravity), където в Стандартния модел са добавени параметрите на размерност на масите m_0 , $m_{1/2}$ и μ . [9]. При разглеждането на фигура 3 става ясно, че всъщност суперсиметрия досега експериментално не е наблюдавана, което само по себе си представлява проблем за суперсиметричните теории. Точно този проблем в литературата получи названието “проблем на йерархията”. Във връзка с това, последно време се предприемат интензивни опити да се реши проблемът за стабилността на електрослабия мащаб

относно радиационните поправки с привличане на идеи, отличаващи се от идеите на нискоенергетичната суперсиметрия; обаче в голямата си част предложените модели не успяват да решат едновременно проблема на йерархията между Λ_{EW} и M_{Pl} . [10-12].

В заключение на този раздел ще споменем още един проблем на йерархиите, който съществува както в Стандартния модел, така и в разширения му вариант. Става дума за масата на известните фермиони – кварките и заредените лептони. Масата на най-тежкия измежду тях – t-кварка, е около 172 GeV, а масата на най-лека – електрона, е около 0,5 MeV. По такъв начин имаме работа с йерархия от порядъка

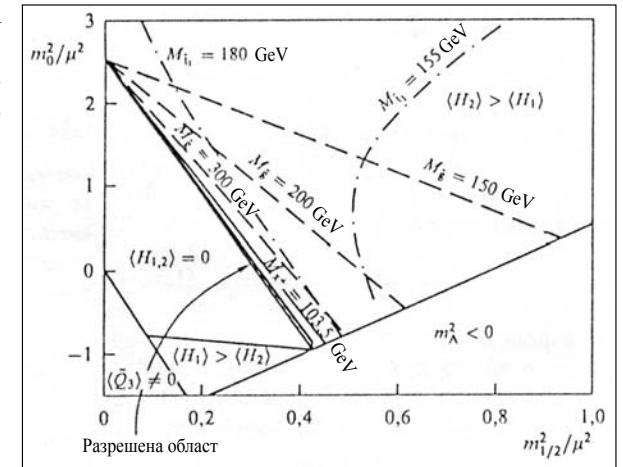
$$m_e/m_t \sim 3 \cdot 10^{-6} \quad (10)$$

Независимо от многобройните хипотези, някакъв уверен отговор за произхода на тази йерархия досега няма даден. Изобщо стойностите на масите на кварките и на заредените лептони изглеждат доста случайни и като тенденция може само да се отбележи общото нарастване на масата от поколение към поколение.

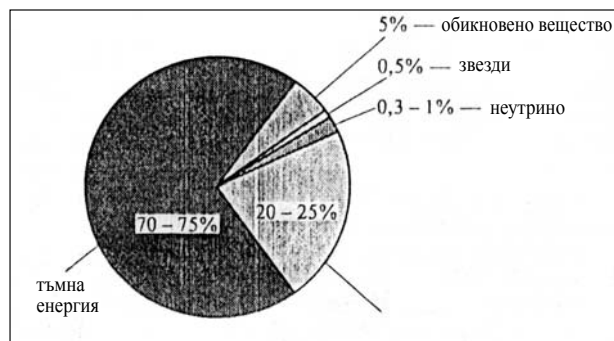
3. Тъмната материя и тъмната енергия във Вселената

Един от неочакваните резултати, получени през последните две-три десетилетия, стана изясняването на факта, че известните частици (протони, неутрони, ядра, електрони, фотони и неутрино) обезпечават само 5% от пълната енергия на съвременната Вселена. Голямата част от енергията е свързана с тъмната материя (20-25%) и тъмната енергия (70-75%) (фиг. 4). Тези форми на енергия съществено се различават по поведение в разширяващата се Вселена и имат свършено различни възможни интерпретации от гледна точка на физиката на елементарните частици.

3.1. Тъмната материя. Изглежда, тъмната материя се състои от нови, неизвест-



Фиг. 3



Фиг. 4

свойства относно гравитационните взаимодействия както обикновените частици; те могат да се събират в купове (хало на галактиките и галактични купове) и формират гравитационен потенциал. Изключително голяма е ролята на тъмната материя за формирането на структурата на Вселената – галактики, техните купове и т.н. От резултатите на изследването на тези структури, както и изучаването на анизотропията и поляризацията на микровълновото реликтов излъчване, следва, че частиците на тъмната материя са били нерелативистични още на много ранен етап на еволюция на Вселената, което по-скоро (но не задължително; известно изключение тук правят аксионите) е свързано с достатъчно голямата им маса. В същото време частиците на тъмната материя нямат електричен товар и изобщо извънредно слабо взаимодействат с веществото, защото в противен случай щяха отдавна да бъдат наблюдавани в експерименти, свързани с прякото им търсене.

Най-простият и същевременно най-привлекателният механизъм за генерация на тъмната материя във Вселената е следният. При температури на ранната Вселена, сравними с масата на частици на тъмната материя m_{DM} , интензивно са протичали процеси на раждане и аниhilация на тези частици, така че тяхната концентрация е била голяма и близка до равновесната. При намаляване на температурата концентрацията на частиците на тъмната материя е намалявала вследствие на процеса на аниhilация и за сметка на разширение на Вселената. При $T \sim m_{DM}/20$ концентрацията е станала толкова малка, че процесите на аниhilация са се прекратили, и от тогава плътността на частиците на тъмната материя е намалявала само поради разширението на Вселената.

Изчислената в рамките на този механизъм съвременна плътност на масата на тъмната материя зависи доста слабо (логаритмично) от m_{DM} и силно (като $1/\sigma$) от сечението за аниhilация. Търсената плътност на масата на тъмната материя във Вселената се получава, ако предположим, че масата на частиците на тъмната материя m_{DM} се оценяват със стойност от порядъка 10 GeV-1 TeV, а интензитетът на взаимодействие на частиците на тъмната материя помежду им и с обикновената материя е сравним с интензитета на слабите взаимодействия (сечението за аниhilация при обикновените

ни частици (вж. напр. [13]). Тези частици трябва да бъдат стабилни или с време на живот сравнимо с възрастта на съвременната Вселена, т.е. $t_U \sim 14$ милиарда години. Такива частици няма в Стандартния модел, така че даже самата представа за тъмната материя излиза извън рамките на този модел. Частиците на тъмната материя имат същите

частици е $10^{-35} - 10^{-36} \text{ cm}^2$). Посочената област на маси и сечения е такава, че да дава възможност за раждане на частици на тъмната материя при сблъсквания на протоните в ЛНС, както и в определени области на параметрите техните реакции в преки и косвени експерименти по търсене на тъмната материя в нашата Галактика. Този сценарий се реализира в много модели с нискоенергетична суперсиметрия, където сред суперпартньорите на известните частици наистина има стабилни неутрални тежки частици (неутрино).

Разбира се, съществуват и други хипотетични кандидати за роля на частици на тъмната материя (аксиони, гравитини, свръхмасивни частици и т.н.), обаче в голямата част от другите сценарии изискваната плътност на масата на тъмната материя във Вселената се получава само след съгласуване на параметрите на модела. Нека да подчертаем, че във всеки от случаите механизмите на генерация на тъмната материя и асиметрията между веществото и антивеществото във Вселената са напълно различни (с изключение на няколко доста екзотични сценария като този с образуването и последващото разпадане на Q-сфери) [14], затова *приближеното равенство (в границите на порядъка на стойностите) между плътността на масата на обикновеното вещество и плътността на масата на тъмната материя във Вселената има характера на случайно съвпадение*. Въпреки това, то е за отбелязване, защото безразмерните характеристики на концентрация на барионите (протони и неутрони) и тъмната материя са изключително малки: за барионите такава характеристика представлява отношението на плътността на броя на барионите η_B към плътността на броя на реликтовите фотони n_γ , което не зависи от времето (с точност до фактор от порядъка на единица):

$$\eta_B = n_B/n_\gamma = 6.10^{-19}. \quad (11)$$

Аналогичното отношение за броя на частиците на тъмната материя също е малък, обаче с точност до множител 5 за нашата Вселена е изпълнено равенството:

$$\eta_B / \eta_{DM} \sim m_{DM} / m_p, \quad (12)$$

където m_p е масата на протона. Както вече отбелязахме, засега не са известни каквито и да са правдоподобни механизми, осигуряващи изпълнението на това съотношение без “фина настройка” на параметрите.

3.2. Тъмната енергия. Гравитационните свойства на тъмната енергия се различават силно от другите форми на енергия (вж. обзора [15]). Тъмната енергия не се събира и сгъстява, тя е равномерно “разлята” във Вселената. Плътността на тъмната енергия се изменя много слабо с времето или въобще не се изменя, докато плътността на които и да са други частици намалява относително бързо поради разширението на Вселената. Наличието на тъмна енергия води до *ускорено* разширение на Вселената, така че условно може да се каже, че тъмната енергия изпитва антигравитация. В рамките на общата теория на относителността, това е възможно, ако дадената субстанция притежава, покрай положителната енергия, отрицателно налягане. Отрицателното налягане следва и от общото съотношение

$$dE = -pdV. \quad (13)$$

Наистина, ако плътността на енергията е постоянна или почти постоянна във

времето, то при разширение на Вселената енергията (в съпътстващия я обем) ще расте пропорционално на обема, така че налягането трябва да стане отрицателно и равно или почти равно по абсолютна стойност на плътността на енергията.

Възможните форми на тъмна енергия и техните проявления в космологичните наблюдения понастоящем се обсъждат много нашироко. Една от възможностите е свързана с това, че тъмната енергия е всъщност енергията на вакуума (или космологичната константа, което е едно и също, поне според съвременното разбиране на въпроса). Действително, лоренц-инвариантността на вакуума еднозначно определя вида на тензора на енергия-импулса (в локално-лоренцова отправна система):

$$T_{\mu\nu}^{\text{vac}} = \epsilon^{\text{vac}} \eta_{\mu\nu}, \quad (14)$$

където ϵ^{vac} е константа, а $\eta_{\mu\nu}$ е тензорът на Минковски. От това следва, че енергията на вакуума $T_{00}^{\text{vac}} = \epsilon^{\text{vac}}$ не зависи от времето, а налягането е $p^{\text{vac}} = -\epsilon^{\text{vac}}$. Алтернатива на вакуума може да бъде новото свръхслабо поле, еднородно във Вселената (по-точно, във видимата ѝ част). Ускорителното разширение на Вселената би могло по принцип да се обясни с това, че законите на гравитацията се модифицират при свръхголеми разстояния.

Проблемът на тъмната енергия (наричат го още проблем на космологичната константа) има два аспекта. Преди всичко, от гледна точка на физиката на частиците би могло да се очаква, че различните взаимодействия дават принос в енергията на вакуума, чиято стойност се определя от характерните енергетични мащаби на тези взаимодействия. Така, приносът на силните взаимодействия може да бъде оценен от размерни съображения като

$$\epsilon_{\text{QCD}} \sim \Lambda_{\text{QCD}}^4 \sim (200 \text{ MeV})^4 \quad (15)$$

Наистина, вакуумът на квантовата хромодинамика има много сложна структура и а priori няма никакви основания да се очакват оценки, с порядъци различни от (15). В същото време наблюдаваната стойност на плътността на тъмната енергия е равна

$$\epsilon_{\text{DE}} = \Lambda_{\text{DE}}^4, \quad (16)$$

където

$$\Lambda_{\text{DE}} \sim 2.10^{-3} \text{ eV}. \quad (17)$$

Вижда се, че разликата между размерната оценка (15) и реалната стойност е от 44 порядъка! Ситуацията се влошава още повече, когато се отчете и приносът на електрослабите и самите гравитационни взаимодействия, които могат да бъдат оценени като Λ_{EW}^4 и M_{pl}^4 съответно. В това е и първият аспект на проблема: напълно непонятно е защо реалната стойност на космологичната константа е толкова малка в сравнение с характерните мащаби на плътността на енергията във физиката на частиците.

Трябва да се каже, че този аспект на проблема бе обсъждан много преди появяването на наблюдателни данни, свидетелстващи за ненулевата стойност на плътността на тъмната енергия (вж. [16,17]): той би съществувал и при отсъствие на тъмна енергия във Вселената. В частност, бяха предложени механизми, водещи до релаксация на космологичната константа до нула или почти до нула. Впрочем, този механизъм изглежда доста екзотичен; освен това той би могъл да се реализира само в началните стадии на еволюцията на Вселената, предшествващи всички известни космологични

епохи и даже раздуването (инфлацията), което прави експерименталната проверка на такива идеи безнадеждна задача [18,19].

Вторият аспект на проблема за тъмната енергия се свежда до това, че във физиката на частиците няма такъв малък енергетичен мащаб като $\Lambda_{\text{DE}} \sim 2.10^{-3} \text{ eV}$. В голяма част от хипотезите за носителя на тъмна енергия се налага този мащаб да бъде въведен “ръчно”, да се свърже с известните мащаби от типа Λ_{EW} или M_{pl} е извънредно трудно, ако въобще е възможно. По такъв начин, този аспект на проблема в определен смисъл е аналогичен с проблема за калибровъчната йерархия, обаче за разлика от него, за случая някакво елегантно решение не се предлага.

4. Какво означава всичко това?

Резюмирайки, можем да кажем, че във физиката на частиците и в космологията много от фундаменталните факти днес изглеждат като противоречащи на критериите за естественост. От една страна, еднородните параметри на теорията на елементарните частици се оказват разпръснати на много порядъци: един пример може да бъде енергетичният мащаб, характеризиращ различните взаимодействия и тъмната енергия; друг пример са безразмерните константи, определящи масите на кварките и заредените лептони. От друга страна, разнородните характеристики на Вселената, например плътността на тъмната материя и плътността на обикновеното вещество, се оказват еднакви по порядъка, независимо от различието на механизма на тяхната генерация в ранната Вселена. Отделно стои проблемът за космологичната константа (енергията на вакуума), който остава нерешен в течение на няколко десетилетия, независимо от всичките усилия на теоретичите.

Разбира се, най-привлекателна е възможността всеки един от тези факти да има свое динамично обяснение. За някои хипотези от такъв род вече споменахме в разделите 2 и 3. Забележителното е, че голяма част от тях изискват разширение на известните ни представи от физиката на частиците, достъпни за експериментална проверка в недалечно бъдеще, и на първо място на ЛНС. От такава гледна точка трябва да се очаква откриването на цели пластове “нова физика” в близките години.

Съществува, обаче, и друга възможност. А именно, не може да се счита за изключение, че “случайностите” действително имат място на най-фундаментално ниво, че стойностите на някои (или даже на много) от параметрите на теорията на истината не са естествени. Такава гледна точка позволява въвеждането на *антропния принцип*, според който наблюдаваните от нас фундаментални параметри са такива, че да обезпечат възможността за нашето съществуване [20,21]. В полза на антропния принцип говори и това, че в природата наистина съществуват “дружелюбни случайности”, например:

– стойността на космологичната константа, ако се възприема като случайност, се оказва с много порядъци по-малка от стойността на енергията на вакуума, характерна за физиката на частиците. Ако космологичната константа беше с 2-3 порядъка по-голяма по абсолютна величина, отколкото реално наблюдаемата стойност, то звезди от типа на Слънцето и планетните системи не биха могли да се образуват [17,22];

– масите на леките кварки и електромагнитната константа $\alpha = 1/137$ са такива, че неутронът е по-тежък от протона (и затова в природата има водород), но не с много, (и затова съществуват много стабилни ядра). Нека отбележим, че при фиксирани стойности на константите на връзки с полето на Хигс е необходимо хигсовското вакуумно средно (електрослабият мащаб Λ_{EW}) да бъде близко до реалната му стойност [8];

– първичните нееднородности на плътността на Вселената $\delta\rho/\rho \sim 10^{-5}$ са такива, че се образуват галактики, но не се разрушават планетните системи [23].

Списъкът на подобни “дружелюбни случайности” може да бъде продължен, те са подробно изложени в книгата [24], изцяло посветена на антропния принцип.

На пръв поглед антропният принцип противоречи на естествено-научният възглед за законите на природата. Обаче не е така. Съществува възможност Вселената в действителност да е неизмеримо по-голяма от наблюдаемата ѝ част, и в различни области на Вселената, също значително по-големи от наблюдаемата ѝ част, параметрите, които ние считаме за фундаментални, да имат различни стойности (възможно е и самите физически закони да се различават от днешния смисъл, който влагаме в този термин). На такава възможност сочат, например, моделът на “вечната” инфлация [21], или представата за “ландшафта” в теорията на струните [25]. Според първия от тези модели във Вселената съществува огромен (възможно и безкраен брой) области с разнообразни ефективни възрасти, собствена космологична история и различни съвременни състояния; част от тях както и преди се намират в инфлационен стадий, а част, напротив, в процес на колапс; ако фундаменталните параметри зависят от времето (даже на времеви мащаби, значително превишаващи мащаба, който ние приемаме за възраст на нашата Вселена), то в такива области те действително могат да имат различни стойности. Във втория случай става дума за огромен брой почти изродени вакууми на теорията на струните, които могат да се реализират в много области на Вселената и да имат не само различни стойности на фундаменталните параметри, но и да се различават по калибровъчните групи, набора “елементарни” частици и пр. Може да се спомене и за картината на “дъщерните вселени”, в която има безкраен брой вселени с различаващи се стойности на фундаменталните параметри [26].

Ако е верен първият възглед, то антропният принцип просто отразява факта, че нашето съществуване е възможно не в произволно място във Вселената, а само там, където за това има подходящи условия. Както го е формулирал през 1974 г. Брендън Картър: “нашето местоположение във Вселената по необходимост е привилегировано в смисъл, че то е съвместимо с нашето съществуване като наблюдатели”. Това, че константите, които ние считаме за фундаментални, имат съвсем не най-естествените стойности, може да бъде също такъв ефект на селекция, както “неестествени” относно характерните температури във Вселената са резултатите, получени при измерването на тази температура от Земята.

Трудността при използване на антропния принцип за получаване на конкретни резултати се състои в това, че а priori е неизвестно какви именно параметри са фундаментални, в смисъл, че техните стойности се определят от антропни съображения,

а кои – производни, т.е. изчисляеми въз основа на фундаменталните. В такъв смисъл антропният принцип не може да бъде опроверган.

В същото време антропният принцип *може* да получи сериозна подкрепа от страна на експеримента, при това много скоро. А именно, както обсъдихме вече в раздел 2, малката стойност на радиационните поправки към електрослабия мащаб на енергия може да бъде обезпечена или чрез извънредно фина настройка на параметрите, или за сметка на съществуването на нови частици и нови взаимодействия с мащаби на енергия, достъпни за изучаване на LHC. Фината настройка на параметрите на теорията е несъвместима с традиционното схващане за законите на природата, но е напълно допустима от антропния принцип. Затова отсъствието на “нова физика” при енергиите на LHC или наблюдаването на нови частици и взаимодействия, които, обаче, не са способни да обезпечат стабилност на електрослабия мащаб относно радиационните поправки, би бил сериозен (а вероятно и решаващ) довод в полза на това, антропният принцип наистина да играе роля на това ниво на строеж на материята, който се изследва днес.

Не си струва да се говори, че такъв обрат на събитията би имал фундаментални последствия за естествознанието. Обаче тези последствия биха били по-скоро негативни, защото биха ни лишили от предсказателната сила на съображенията, основаващи се на критериите на естествеността, а тези съображения в последно време играят все по-голяма роля. Решаващата дума, както винаги, остава на експеримента, и това трябва да бъде казано от експериментите на LHC, които започват много скоро.

Литература

- [a] – „Светът на физиката“, кн. 1/2000 г. и кн. 1/2003 г.
1. Окунь Л.Б. *Лептони и кварки*, Москва, Наука, 1990.
 2. Красников Н.В., Матвеев В.А., *УФН*, 174, 697, (2004).
 3. Иоффе Б.Л., *УФН*, 176, 1103, (2006).
 4. Высоцкий М.И., Невзоров Р.Б., *УФН* 171, 939 (2001).
 5. Горбунов Д.С., Дубовский С.Л., Троицкий С.В., *УФН* 169, 705 (1999).
 6. Kazakov D.I. “Beyond the Standart Model”, hep-ph/0411064.
 7. Arkani-Hamed N., Dimopoulos S.J. *High energy phys. (JHEP)* 073.
 8. Arkani-Hamed N., Dimopoulos S.J., Kachru S. “Predictive landscapes and new physics at a TeV”, hep-th/0501082.
 9. Giudice G.F., Rattazzi R., *Nucl.Phys.B* 757, 19 (2006).
 10. Schmaltz M., Tucker-Smith D., *Annu.Rev.Nucl.Phys.* 58, 247 (2005).
 11. Грожан К., *УФН* 177, (2007)
 12. Cherkheta T., “Warped models and holography”, hep-ph/0601213.
 13. Bottino A., Fornengo N. “Dark matter and its particale candidates”, hep-ph/9904469.
 14. Enqvist K., Mazumdar A., *Phys.Rep.* 380, 99 (2003).

15. Sahini A, Starobinski A., *Instr. J.Mod.Phys.D*, 9, 373 (2000); Weinberg S., "The cosmological constant problems", astro-ph/0005265.
16. Dolgov A., Zeldovich Ya., *Rev.Mod.Phys.* 53, 1 (1981).
17. Weinberg S., *Rev.Mod.Phys.* 61, 1 (1989).
18. Rubakov V. *Phys.Rev D*, 61 061 501 (2000).
19. Steinhart P.J., Turok N. *Science* 312, 1180 (2006).
20. Розенталь И.Л., *УФН*, 167, 801 (1997).
21. Linde A. "Inflation, quantum cosmology and the anthropic principle", *Science and Ultimate Reality, Cambridge Univ.Press*, 2004.
22. Linde A. "Inflation, quantum cosmology, *Three Hundred Years of Cosmology, Cambridge Univ.Press*, 1987.
23. Tegmark M., Rees M.J., *Astrophys. J.*, 499, 526 (1998).
24. Barrow J.D., Tipler F.J., *The Anthropic Cosmological Principle, Oxford Univ.Press*, (1986).
25. Bouso J.D., Polchinski J., *J.High Energy Phys.*, 006 (2000).
26. Лаврелашвили Г.В., Рубаков В.А., Тиняков П.Г., *Писма ЖЭТФ* 46 134 (198).

"Иерархии фундаментальных констант" В.А.Рубаков.
Успехи физических наук, т.177, №4, 2007
Превод Н. Ахабабян

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 10 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
- Съюз на Физиките в България, Физически факултет, СУ "Св. Климент Охридски": София 1164, бул. "Джеймс Баучър" 5, Невенка Веселинова, GSM: 0885 812 473, e-mail: sofiski_klon@abv.bg или Снежана Йорданова, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: urpb@phys.uni-sofia.bg

Благоевград

ЮЗУ „Неофит Рилски“, ул. „Иван Михайлов“ № 66

Варна

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

ДАРВИНОВОТО ЗАВЕЩАНИЕ

Л. Съскинд

Чарлз Дарвин не е бил физик теоретик, а аз не съм биолог. И все пак като физик теоретик аз намирам много храна за размисъл в завещанието на Дарвин, а също на неговия колега природоизпитател Алфред Ръсел Уолъс. Научният стил на Дарвин обикновено не се смята за теоретичен, а още по-малко за математичен; той е бил проникновен наблюдател на природата, водел си е подробни бележки, допринесъл е за различни зоологически колекции; и в крайна сметка от огромния наблюдателен материал той извежда идеята за естествения подбор като първоизточник на видовете. Ценността на теоретизирането често се пренебрегва в биологичните науки като нещо по-маловажно от наблюденията; а Дарвин е бил майстор на наблюденията.

Мисля, че този възглед пропуска нещо съществено, а именно огромната логическа красота и почти математическа неизбежност на Дарвиновите идеи. Подобно на най-великите Айнщайнови идеи теорията на еволюцията е основана върху прост мисловен експеримент: да се изхожда от някакъв много прост възпроизвеждащ се организъм, да се прибавят законите на Мендел за наследственост и изменчивост и да се проследява тази система как тя неизбежно се разклонява в дърво на живота.

Дарвин не се е интересувал особено много от астрономия или физика, но при все това неговото въздействие върху космологията е огромно, макар и по някакъв начин подсъзнателно. Като обяснява успешно произхода на видовете, той елиминира суеверието и установява нови критерии за това как трябва да изглежда едно обяснение на природата. Както писах неотдавна в книгата си "Войната на черните дупки" (*The Black Hole War*, Little Brown, 2008), гениалното попадение на Дарвин е в това, че "той изгони Бог от науката за живота".

Истина е, че Дарвин не е първият учен, който отхвърля вярата в свръхестественото. Две столетия по-рано Нютон, друг велик учен от Кеймбридж, е направил същото и е изпреварил с много собственото си време. Инерцията (масата), ускорението и универсалният закон за гравитацията заменят ръката на Господ, който вече не е нужен, за да управлява планетите. Но, както историците на 17-и век никога не се уморяват да ни напомнят, Нютон е бил християнин и при това с дълбоко и страстно религиозно чувство. Той е вложил повече време, енергия и мастило в ръкописите си по християнска теология, отколкото по физика.

За Нютон и за неговите съвременници съществуването на интелигентен създател трябва да е било духовна потребност: как другояче да си обясним човешкото съществуване? В светогледа на Нютон не е имало нищо, което би могло да обясни създаването от неодушевен материал на един толкова сложен обект каквото е чувстващото човешко същество. Нютон е имал повече от достатъчни причини да вярва в божествения произход на човека.

Но онова, което Нютон не успява да направи, две столетия по-късно е осъществено

от Дарвин. Идеята на Дарвин за естествения подбор, в съчетание с откритата по-късно от Джеймс Уотсън и Франсис Крик (също от Кеймбридж) структура на ДНК във вид на двойна спирала, замени магията на сътворяването със законите на вероятностите и на химията.

С други думи преди Дарвин даже най-великите физици са разполагали с твърде слаба алтернатива на свръхестественото обяснение на произхода на живота, а следователно и на самата природа. Именно успехът на дарвинизма налага този възглед и създава критерия за бъдещите теории на произхода – бил той на живота или на Вселената. Обясненията трябва да са основани върху законите на физиката, на математиката и на вероятностите, а не върху Божията ръка.

Отреченият часовникар

В младежките си години Дарвин бил силно впечатлен от достопочтения Уилям Пейли (1743-1805) – свещеник, който проповядвал учение, което в днешно време бихме нарекли “интелигентен проект”. Пейли ни кара да си представим как, разхождайки се например из гората, намираме лежащ на земята джобен часовник. Как е можел такъв сложен и фино настроен предмет да се окаже там? Един възможен отговор е, че той е резултат от случайно събитие: голям брой молекули от различни видове са се комбинирали по щастливо съвпадение и са образували часовник. Пейли с право отбелязва, че това е прекалено неправдоподобно, за да се възприема сериозно. Трябва да има някакво друго обяснение. Единственото приемливо според него обяснение е, че часовникът е бил създаден с някаква определена цел от изкусен майстор часовникар.

Пейли продължава мисълта си по-нататък. В природата намираме определени извънредно сложни механизми, наречени човешки същества, които са способни на значително по-сложни действия от тези на джобния часовник. По аналогия Пейли твърди, че случайното създаване е прекалено неправдоподобно и че човешките същества трябва да са били създадени от интелигентен създател с някаква цел.

Как и защо Дарвин стига до отричането на разсъжденията и извода на Пейли е добре известна история, но вероятно по-малко се знае, че физиката и космологията поставят много сходни въпроси като например защо Вселената изглежда така невероятно добре настроена за съществуването на живот. Единственото обяснение, ако може да се нарече обяснение, е, че ако Вселената не беше така добре настроена, интелигентните наблюдатели като нас не биха могли да съществуват. Аз, разбира се, говоря за космологичната константа λ . Теоретично би могло да се очаква, че λ ще бъде единица в естествените Планкови единици. Но ако тя е по-голяма от известната й сега стойност, а именно 10^{-123} , това би предотвратило еволюцията на галактиките, звездите, а и на нас самите. Подобно на Пейли ние се натъкваме на нещо, което изглежда извънредно неправдоподобно.

Повечето физици отхвърлят свръхестественото обяснение, т.е. космически часовникар, когато търсят обяснение на този факт на много фина настройка. Но ако не става дума за часовникар, тогава какво е? До неотдавна повечето физици биха казали, че това

е случайно, числено съвпадение. Стремешът на теоретичната физика беше да открие за всички природни константи еднозначно обяснение, което да няма нищо общо с нашето собствено съществуване. Би било просто щастлива случайност техните стойности да се окажат в тесния интервал, в който може да съществува разумен живот. Но, както Пейли би възразил, случайности, свързани със 123-та цифра след десетичната точка, са прекалено неправдоподобни.

Чудовищните мащаби на ландшафта

През последното десетилетие започна да се оформя един нов възглед – възглед, който в редица аспекти съвпада с идеите на биологичната еволюция. Дарвин и Уолас изтъкват изменчивостта и естествения подбор като основни двигатели на еволюцията, но има нещо още по-фундаментално. Изменчивостта и естественият подбор биха били безсилни да създадат човешко същество, ако налице не беше един централен факт – чудовищните мащаби на ландшафта на биологичните структури.

Биологичните структури са кодирани в ДНК молекулите, които съдържат две полинуклеотидни вериги, които са усукани една около друга и към които са прикрепени четири двойки от различни бази (А, Г, Ц и Т). В един сложен жив организъм могат да се съдържат милиони базови двойки. Възможните подреждания на тези базови двойки определят биологичния ландшафт, а броят на възможностите е поразително голям. Например сто милиона базови двойки могат да бъдат подредени по $4^{100\,000\,000}$ начина.



Фиг. 1. а) Една ДНК молекула с, да кажем, сто милиона различни базови двойки А, Г, Ц и Т може да се нареди по $4^{100\,000\,000}$ различни начина. За да може нещо интересно, например живот, да възникне от огромния ландшафт от възможни биологични структури, са необходими както Дарвиновият естествен подбор, така и способността на ДНК да мутира. **б)** А от друга страна теорията на струните ни казва, че Вселената се състои от флуksии, брани и много други елементи, наредени върху малък възел на пространство с по-висока размерност. Огромният “ландшафт” от различни начини, по които тези елементи могат да се наредят, сочи видима прилика с множеството различни нареждания на базовите двойки на една ДНК молекула.

Да си представим за момент, че възможните структури са само хиляда или даже милион. Каква би била вероятността някоя от тях да представлява разумна жива форма? Пренебрежимо малка. Но даже ако подобни сполучливи структури са извънредно редки, при възможните $4^{100\,000\,000}$ комбинации разумните живи форми ще бъдат много на брой. Първият принцип на биологичната еволюция, който е даже по-фундаментален и от естествения подбор, е огромният мащаб на ландшафта на биологичните структури.

Вторият принцип е изменчивостта: фактът, че докато се възпроизвеждат, кодираните в ДНК инструкции могат да правят дискретни прескоци към нови конфигурации. Естественият подбор е важен, разбира се, но без променливия ландшафт нищо интересно не би се получило.

В известен смисъл възникващата парадигма за обясняването на особените свойства на нашата Вселена представлява опит да се постигнат критериите, установени от Дарвиновата еволюция: да се намери естествено (като противопоставено на свръхестествено) неслучайно обяснение на очевидно твърде малко вероятния характер на Вселената и на нейните закони. Удивително е, че това предполага същите два централни принципа: огромен ландшафт от възможности и случайна изменчивост. Нещо повече, тази парадигма включва и механизъм, подобен на ДНК.



Фиг. 2. Мехурчестата вселена. Предполага се, че в разширяващата се ранна вселена много често са възниквали нови пространствени области с различни свойства и константи. Малкото мехурче набъбва и се превръща в нова вселена, която също се възпроизвежда и мутира, като в крайна сметка възниква голяма мултивселена, в която малък брой клонове благоприятстват съществуването на сложен живот.

Дарвиновите критерии

Да започнем с ДНК на Вселената. Какво представлява тя и защо вярваме, че подобно нещо има смисъл? Ключът на загадката е струнната теория. Тя приема, че на извънредно малки разстояния пространството представлява сложно многомерно многообразие с “допълнителни” – най-често шест – малки размерности, прибавящи се към трите, с които сме свикнали в ежедневието си живот. Ако можехме да погледнем към Вселената през свръхмощен микроскоп, ние бихме установили, че тя е съставена от най-различни “чаркове”, наречени флуksии, брани, модули и много други, всичките събрани в малък възел на пространство с по-висока размерност, наречено многообразие на Калаби-Йо. Това многообразие

е подобно на основната верига на ДНК молекулата, а другите елементи могат да се подреждат и препореджат по огромен брой начини – възможно толкова начини, колкото се осъществяват в истинската ДНК молекула.

Така както детайлите на ДНК определят детайлите на един жив организъм, така също и детайлите на флуksиите, браните и други елементи определят свойствата на Вселената. И отново техният брой е толкова огромен, че колкото и неправдоподобен да ни изглежда светът, ще съществуват много начини елементите така да се подредят, че природните константи да се съгласуват с живота. В частност ще има много конфигурации, в които космологичната константа ще бъде добре настроена до 123-я десетичен знак.

Какво да кажем за възпроизвеждането и изменчивостта? Тук започва да играе роля инфлационната теория на космологията. Съществуват много свидетелства, че по време на най-ранната епоха на Вселената самото пространство се е разширявало експоненциално. Инфлацията е процес, при който пространството се разраства подобно на повърхността на надуван балон, но вместо то да изтънява подобно на гумата на балона, в празнините постъпват нови части от пространството.

В повечето случаи новите части от пространството могат да имат същата ДНК като заобикалящите ги области, но наред с това непрекъснато възникват някакви мутации. Възниква нова част от пространството с нови свойства, нови константи и нова стойност на космологичната константа. В съответствие със стандартната обща теория на относителността малкият мехур расте и в крайна сметка става нова раздуваща се Вселена, която се възпроизвежда и мутира. Целият този процес се нарича вечна инфлация и той произвежда огромна мултивселена – богата и разнообразна като дървото на живота – всяка със своите собствени физически закони, природни константи и елементарни частици. Тук и там възниква много рядък клон, който притежава онези специални свойства, които биха обусловили сложен живот.

Дали струнната теория със своя гигантски ландшафт и вечна инфлация, със своите възпроизвеждащи се пространствени хлътвания ще се окаже вярна, е въпрос, който бъдещето ще реши. Вярно е обаче, че в днешно време тези представи предлагат единственото естествено обяснение на Вселената, което съответства на критериите, установени от Дарвин.

Физик теоретик, професор във Физическия факултет на университета в Станфорд, САЩ. Съскинд е един от създателите на струнната теория. Автор е на популярната книга “Космичният ландшафт: Струнната теория и илюзията за интелигентния проект” (2005). – Бел. Прев.

(Leonard Susskind. *DARWIN'S LEGACY*. “Physics World”, July 2009, p. 45.)

Превод: М. Бушев

АЛЕКСАНДЪР ГРОТЕНДИК – МАТЕМАТИК, БУНТАР, ОТШЕЛНИК

И. Тодоров

**Разказ за света на идеите, за необуздания характер
и за необичайната съдба на един жив гений.**

*Цял живот правих това пътешествие, без да го изчерпя,
и години наред го откривам отново, страница след страница.*

А. Гротендик [G:A5]

На 28 март 2008 Александър Гротендик (АГ), новоизгрялата звезда на математиката през 50-те и 60-те години на миналия век, навършва 80. По същото време IHES¹, институтът, който се прославя заедно с Гротендик (развил там, 1958-1970, своите видения за алгебричната геометрия), празнува 50-години от основаването си – без да го покани. (Шест месеца по-рано едно нелепо недоразумение дава повод на отшелника от Пиринеите да напише гневно отворено писмо до IHES [J08].) За да се реваншират, математиците от института организират колоквиум, посветен на математическото наследство на Гротендик², и ... отново не го поканват; пращат му само афиша два дни преди откриването. (Отговорът на АГ е „Срам за безсрамниците!“³) Как и защо се случва това в цивилизована Франция? Защо менторът на поколение от най-талантливи ученици и последователи от Европа, Америка, Русия, ... напуска на 42 години света на математиците?

Според бъдещия му биограф, Шарлау⁴ [Sch], за да разберем подобна личност (ако това е въобще възможно) трябва да почнем от далече. Неговите неподражаеми „Размишления и свидетелства за миналото на математика“ [G] (над 1300 страници) са едно необяздено богатство. Всеки опит то да се преразказва води до избледняване. За съжаление, не можем да цитираме всичко наред: винаги ще останат пасажии не по-малко интересни от избраните от нас. Най-добре би било, ако читателят се запали сам да надникне в достъпния в Интернет оригинален текст (френският език на автора, в който „думите излизат колебливо, за да предадат сока на преживяното“ [G:A5]), че

¹ Institut des Hautes Études Scientifiques – Институт за висши научни изследвания, Бюр-сюр-Ивет – виж [C98, DLP].

² Aspects de la géométrie algébrique: la postérité mathématique d'Alexander Grothendieck, IHÉS, 12-16 janvier 2009.

³ “Honte à éhontés!” Благодарение на организатора, Pierre Cartier, можах да видя това необикновено писмо.

⁴ W. Scharlau пише 3-томна биография *Wer ist Alexander Grothendieck?: Anarchie, Mathematik, Spiritualität*; от нея е излязъл първият том, *Anarchie*, достъпен на http://www.scharlau-online.de/ag_1.html – виж Book Review [D08].

го възнагради за усилието). По-обозрим източник е амбициозната, грижливо написана статия [J04] на Алин Джексън (в два поредни броя на списанието на съюза на американските математици), събрала свидетелства на близки и колеги на Гротендик, които дават представа за човека и за мястото на неговото дело. Понякога просто ще назоваваме постижението (доброто наименование е, според АГ, важен творчески акт) и ще цитираме авторитетни мнения за него.

Разделите 1., 6. и 7. и донякъде 2. и 5. би трябвало да бъдат достъпни и за читатели без специални математични познания. От друга страна, ако искаме да кажем нещо съдържателно за един от най-абстрактните математици, няма как да се удържим навсякъде на популярно ниво (това се отнася особено за разделите 3. и 4.). Тук ми идват на ум думите, с които момиченцето от руското двустийе успокоява куклата си: *Ты не бойся – это гусь, я сама его боюсь* ... Сам АГ пише по подобен повод: „Време е да кажа нещо за моето математично дело, което зае и продължава да заема (за моя собствена изненада) важно място в живота ми... На моменти използвам и технически термини... Ти можеш, разбира се, да прескочиш неразбираемите пасажии. Но можеш и да ги прегледаш, и може би ще уловиш пътят едно отражение на „тайнствената красота“ (както ми писа един приятел не от бранша) на света на математичните неща ...“ [G:P5].

1. Родителите и детето (Берлин, 1928 – Монпелие, 1945-48)

Тук изследваме приключението в миналото, неговите корени, произхода му – чак до моето детство. [G:P3]

Родителите на АГ са бунтари; животът им е пълен с прекеждия. Баща му, Александър (Саша) Шапиро (1890-1942), 15 годишен, е въвличен в анархистка група, която се бори срещу царизма в Русия. След разстрела на демонстрацията от 1905, той е в затвора за повече от 10 години. Болшевиките, скоро след Октомврийската революция, отново го затварят. С помощта на различни приятелки, загубил ръка, той бяга в Берлин с фалшиво име (Танаров); макар и еднорък, си изкарва хляба като фотограф. По свидетелството на Картие [C], АГ с гордост разказвал, че баща му е бил политически затворник при 17 различни режима. Майка му Ханка (Johanna) Гротендик (1900-1957), 17-годишна, скъсва с благополучното си протестантско семейство в Хамбург, работи като журналистка, учи театър, пише стихове и есета. Омъжва се за журналист-комунист, с когото имат дъщеря. Около 1926 се сблъсква с Танаров/Шапиро, който се представя на мъжа й с думите „Аз ще Ви открадна жената“ – и го прави: през март 1928 се ражда Шурик (Александър) син на Ханка и Саша, който ще носи фамилията на майка си. (Ханка и Саша така и не се ожениват.)

След като национал-социалистите идват на власт, в Германия става опасно за евреина „Танаров“ и той заминава за Париж. В края на 1933 и Ханка го последва във Франция, оставяйки сина си в Хамбург, в дома на лютерански пастор⁵. Тук Шурик, заедно с другите храненици, прекарва – до 1939, от 5 до 11 годишна възраст – може

⁵ Wilhelm Heydron – още една необикновена личност на пътя на Гротендик; книга за него от 1999 се цитира в [J04].



Шурик на 5 години
с бидон за мляко – Берлин, 1933

би единствения „нормален“ (макар и не лек) период от живота си. Ето какво пише той, половин век по-късно, за своето първо (немско) училище ([G:P1]): „Като дете обичах да ходя на училище. Един и същ учител ни учеше да четем и пишем, да смятаме, да пеем (той ни акомпанираше на малка цигулка) ... Имаше магия в числата, в думите, в знаците. ... В римите ми се струваше, че има тайна – отвъд думите.“

Година след като го пращат във Франция (защото в Германия става опасно и за него), родителите му (участвували в гражданската война в Испания и избягали от Франко) и той са интернирани (като „нежелани чужденци“). Баща му е пратен в печално известния френски лагер Le Vernet, от където през 1942 го предават на немците; той е в списъка на жертвите в Освиенцим (под името Танаров, [Sch]). Ханка и детето са закарани в по-поносимо място, където Шурик може да учи. „Бях най-големият и само аз трябваше да ходя в лиця – на 4-5 километра

от лагера, в сняг и вятър, с пробити обувки... Още си спомням първото „съчинение по математика“, на което учителят ми лепна ниска оценка за доказателството на един от трите „признаци за равенство на триъгълници“. Моето доказателство не беше от учебника, който той следваше набожно... Явно, този учител не можеше сам да съди, нужен му беше авторитет – в случая книгата... Такъв подход не е изключение... Но и до сега, всеки път като се сблъскам с него, се чувствавам объркан“. Около 1942 момчето има късмет да попадне в Le Chambon, малко градче, където протестантският свещеник Трокме, друга интересна личност, организира частно училище и помага на децата (виж [Sch]). Гротендик си спомня: „Последните години от войната, докато майка ми остана интернирана в лагера, аз прекарах в дома на „Швейцарска помощ“ за деца бежанци Повечето бяхме евреи; когато ни предупреждаваха, че идва Гестапо, ние отивахме да се крием в гората за една или две нощи на малки групи от по две-три деца, без да си даваме сметка, че става дума за кожата ни...“

Поразяваше ме колко малко се интересуваха моите съученици от това, което учехме... Не малка част от времето си, даже в час (шт.) прекарвах в решаване на задачи... Най-неудовлетворително в нашите учебници по математика, беше пълното отсъствие на сериозно определение на понятието за дължина (на крива), лице (на повърхност), обем (на тяло).“

Гротендик се посвещава на този проблем в Университета в Монпелие⁶ (1945-48). Там учат студентите да пресмятат дължини, лица и обеми с помощта на интеграли,

⁶ За Jean Dieudonné (1906-92) [D89], [Fest] Montpellier е изостанал по отношение на математиката в страната.

но „въпросът за истинско определение като че ли изобщо не възникваше: нито у професорите, нито у авторите на учебници. ... Изглеждаше ми, че съм единственото същество на земята, надарено с любопитство към математически въпроси... Не се съмнявах, че ще стигна до същината на нещата, макар затова, че си давах труда да вникна в тях и да записвам това, което те ми казваха. Интуицията по отношение на обема, например, беше неопровержима... Това бе реалността, която трябваше да уловя – подобно на вълшебната същност на римата... Когато, 17 годишен, едва завършил лица, пристъпих към тази работа, мислех, че ще я свърша за няколко седмици. Тя ми взе три години. Дори се изхитрих да се проваля на изпита по сферична тригонометрия в края на втората година, заради глупава грешка в числените пресмятания. (Никога не съм бил силен в сметките).“

Неговият професор по диференциално смятане му казва, че това, което го вълнува, е направено от Лъобег⁷. Но „на мен и през ум не ми минаваше, да търся книгата на този Лъобег. Не си представях, че може да има нещо общо между написаното в книгата и работата, която правех по моему, за да удовлетвори любопитството си“. Когато научава (по-късно, в Париж), че неговото самотно усилие наистина е довело до познат резултат, той не съжاليا: „именно тогава разбрах, че съм математик: човек, който прави математика в пълния смисъл на думата – както се „прави“ любов. Математиката стана моя любовница, винаги благосклонна към желанието ми. Тези години на самота ми заложиха вяра в себе си, която никога не бе поколебана.“ [G:P2]

2. Париж – Нанси: „Добре дошлият чужденец“ (1948-54)

*Comme appelé du néant*⁸

„Открих съществуването на математическия свят с пристигането си в Париж през 1948, 20 годишен... Не бях срещал дотогава такива странни, диви математически термини като група, тяло, пръстен, модул, комплекс, хомология, които изведнъж, без предупреждение, се изсипаха на главата ми... Ако все пак „оживях“ след този шок, и продължих да се занимавам с математика, то причината е, че светът на математиците по онова отминало време не приличаше на това, в което се превърна по-късно. Или просто ми беше провървяло и бях попаднал в най-гостоприемния му ъгъл.“ [G:I.9]. Тъй като Ели Картан (1869-1951) е вече „вън от играта“, Гротендик, който носи „препоръка за Картан“ от своя професор в Монпелие, се обръща към сина му, Анри⁹. „Слушах редовно неговите лекции (по диференциално смятане на многообрази); присъствувах и на семинара му –

⁷ Henri Lebesgue (1875-1941) създава теорията на мярката и интегрирането в своята дисертация от 1902.

⁸ Като повикан от небитието – думи на Гротендик [G:P8], взети като заглавие на статията [J04].

⁹ Henri Cartan (1904-2008) преподава (1940-65) в École Normale Supérieure (ENS) Париж; той, André Weil (1906-98), Jean Delsarte (1903-68), Claude Chevalley (1909-84), Дийодоне, ... инициират, 1935, проекта „Nicolas Bourbaki“.

като слисан свидетел на споровете между него и Сер¹⁰, където се появяваха „спектрални редици“ (брр!), рисунки (наричани диаграми), изпъстрени със стрелки, които покриваха цялата дъска... На семинара на Картан също се появяваха Шевале и Вейл, а в дните на семинарите на Бурбаки ... се събираше шумна компания приятели, включваща и другите членове на бандата: Дийодоне, Шварц, Годман, Делсарт. Те си говореха на ти, ..., пушеха много и охотно се смееха. Съвсем друга беше обстановката на лекциите на Лъоре (Jean Lerau, 1906-98) в Колеж дьо Франс (върху теорията на Шаудер за топологичната степен на безкрайномерни пространства – бедният аз!). ... Странното беше, че аз, новодошъл в този свят, не разбираш, а още по-малко говорещ, езика му, не се чувствах чужденец. ... Бях приет, бих казал като свой.“ Той привлича внимание със своята безцеремонност: „чужд човек се обаждаше от задните редове и говореше с Картан като с равен“, пише друг участник в семинара ([J04] с. 1042). Сам АГ си спомня: „Ние, повечето, си водехме записки без много да разбираме. Ако се отличавах с нещо от другите – то по това, че не се боях да задавам въпроси, които издаваха моето дълбоко невежество. Отговаряха ми кратко, с учудване, но нито веднъж не ме отрязаха, не ме „поставиха на място“ – нито в безгрижната среда на Бурбаки, нито в по-строгия кадър на курса на Лъоре в Колежа.“

По наблюдението на немския биограф, животът на АГ се дели на отчетливо разграничени етапи, от по 21 години всеки. Вторият етап, в който момчето без гражданство се превръща в един от най-влиятелните математици, започва през октомври 1949, когато, по съвет на Картан и Вейл, Шурик „заменя кипящия живот в Париж с по-спокойния в Нанси“¹¹. Гротендик си спомня с удивена благодарност топлотата, с която го посрещат там: „Приятелските чувства се проявяваха от самото начало на моето пребиваване в Нанси, в дома на Лоран и Елен Шварц (почти като член на семейството), у Дийодоне, у Годман (също).“ [G:I.19]

Като начало, Шварц (току-що получил Филдсов медал) му дава да чете своя съвместна с Дийодоне статия по теорията на безкрайномерните векторни пространства, която завършва със списък от 14 нерешени проблеми. За негова изненада, новодошлият, необразован по каноните докторант, не само скоро решава всичките, но развива своя теория за „топологични тензорни произведения на ядрени пространства“, която Шварц избира (измежду 6 готови ръкописа) за тема на докторска дисертация на младежа и я разказва на семинар в Париж ([D89], [J04]). Още в тази първа работа (завършена 1953, публикувана като монография в САЩ, 1955, седми тираж – 1990) „лъвът си показва ноктите“. Гротендик прилага нови алгебрични методи във функционалния анализ¹², за да въведе категорията от пространства „близки до крайно-мерните“, за

¹⁰ Jean-Pierre Serre (1926-), година по-голям от Гротендик, най-млад Филдсов медалист, 1954; награда Абел, 2003.

¹¹ Казват, че „Бурбаки идвал от университета в Нанкаго“, съчетание на Нанси с Чикаго (където работи Вейл) [J04].

¹² Той дава най-абстрактното определение на *ядрено пространство* – като характеризира *изображенията* на тензорни произведения на локално изпъкнали топологични пространства (т.е. *стрелките* в съответната категория).

които е в сила теоремата на Шварц за ядрото. Работата изпреварва времето си. От нея се интересуват – след 7-8 години – Гелфанд¹³ и неговите сътрудници в Москва ([C]), но „минават не по-малко от 15 години от публикуването ѝ, преди да стане част от главното течение на теорията“ ([J04], с. 1043).

В Нанси АГ живее с майка си, която страда от хванатата в лагера туберкулоза. Тя пише по това време своя автобиографична повест *Eine Frau*. Връзка между АГ и (по-възрастната) стопанка на къщата, където са под наем, води до рождението на първото му дете – сина Серж. Като човек без гражданство, Гротендик (който не желае да стане френски поданик, за да не служи в армията) не може да получи постоянна работа във Франция. (По едно време той дори мисли да стане дърводелец, за да си изкарва прехраната – [J04] с. 1044.) През 1952, на посещение в Бразилия, Лоран Шварц препоръчва своя блестящ млад студент, и АГ заминава като гост-професор в Университета в Сан Паоло през 1953-54. Там той пише „плътна и дълбока статия за метричните неравенства“¹⁴, която храни цяла школа математици в течение на 40 години [C]. Неговите работи по топологични векторни пространства преобразяват и, в известен смисъл, завършват сюжета – след година той го напуска. „Няма какво повече да се прави, темата е мъртва“, казва той на Малгранж (връстник на АГ, също ученик на Шварц) [J04] 1045. АГ сам се характеризира като строител на къщи, който няма повик да живее в тях.

„Повечето математици сами се затварят в определени идейни рамки, във „Вселе-на“, фиксирана веднъж завинаги – която са намерили „съвсем готова“ още по време на ученето. Те са като наследници на голяма, хубава, напълно обзаведена къща... Това е „светът“, „даденото“, в което трябва да се живее – и толкова! Нещо, което изглежда голямо, но в същото време привично, и главно – неизменно... Сам аз имам чувство, че принадлежа на породата математици, чието призвание – и радост – е непрекъснато да строят нови къщи... Но когато всичко, до последната гайка, е поставено, работникът рядко се задържа дълго в новопостроеното жилище. Той няма място в спокойствието на готовите вселени, колкото и привлекателни и хармонични да изглеждат. Други задачи и други строителни площадки го чакат...“ [G:P5]. А за рязката смяна на тематиката той пише: „Годината 1955 отбелязва решителен завой в моята математична работа: преходът от анализа към геометрията. Още си спомням обхваналото ме чувство, че съм напуснал сухи, неплодни степи и внезапно съм се озовал отново в „обетована земя“... Това впечатление на безмерно богатство¹⁵ се потвърждава и задълбочава с годините...“ [G:P9].

¹³ Израилъ Моисеевич Гельфанд (Херсонска област, Украйна, 1913 – Ню Джърси, САЩ, 2009), Wolf Prize, 1978.

¹⁴ A. Grothendieck, Résumé de la théorie métrique ..., Bol. Soc. Mat. Sao Paulo **8** (1953) 1-79; работа, която вълнува и физици (Phys. Rev. **A73** (2006) 062105); на нея е посветена цяла книга: J. Diestel et al. (AMS 2008, 278 pp.).

¹⁵ АГ, майстор на езика, тук признава със съжаление, че е прибягнал до малко тромав френски израз, *accablant au delà de toute mesure* („безмерно“), за да предаде една немска (или английска) дума, *überwältigend* (*overwhelming*).

3. Морето, което се надига: теорема на Риман-Рох (1955-57)

Морето приижда неусетно и без шум, изглежда, че нищо не се случва, нищо не мърда, водата е толкова далеч, че едва се чува... Все пак, в края на краищата, тя огражда упорития варовик; малко по малко той се превръща в островче, което се потапя ... и като че се разтваря в океана¹⁶
А. Гротендик

В често цитиран пасаж от третата част на неговите *Размишления*, Гротендик съпоставя два стила в математиката: „Да вземем, например, задачата да се докаже хипотетична теорема (до което според някои се свежда работата на математика). Виждам два крайни възможни подхода към нея. Единият е на чука и длетото, когато задачата се разглежда като твърд орех... Принципът е прост: поставя се острието на длетото срещу черупката и се удря силно. При нужда операцията се повтаря на различни места, докато черупката се счупи... Образът, който ми идва на ум при втория подход е да се потопи орехът в размекваща течност, защо не във вода, от време на време се разтрива, за да проникне тя по-добре, останалото е работа на времето. След седмица или месец черупката се размеква – когато му е дошло времето натискане с пръсти е достатъчно черупката да се отвори като зряло авокадо! Или още, оставяме ореха да узрее на слънце и на дъжд ... докато черупката сама се разтвори при леко докосване. – Читателят, който поне малко познава моите работи, няма да има трудност да се сети, кой от двата метода е моят.“ [G: с. 552-553/539]. Картината с прииждащото море от мотото може би още по-добре характеризира подхода на Гротендик [McL]. Работите на АГ (и съавтори) по алгебрична геометрия, които съществено разширяват и обобщават предмета и правят трудни доказателства естествени и прости, заемат над 10 000 страници – изкусно разлято море от елементарни стъпки! Пиер Делин, най-блестящият ученик на АГ, като цитира приведените думи на своя учител, добавя [D98]: „Спомням си своето изумление, когато, на експозе на Гротендик, ... изглеждаше, че всичко се развива само, нищо не става, а накрая възникна явно нетривиална теорема.“

Първият пример на Гротендик, илюстриращ неговия подход, е теоремата на Риман-Рох¹⁷. Класическият резултат, който изразява размерността на пространството от мероморфни функции с полюси от даден ред чрез *рода* (броя на дръжките) на съответната риманова повърхнина, е обобщен (1954) от Хирцебрух¹⁸ за произволно-мерни компактни комплексни многообразия. Това изглежда всичко, което би могло да

¹⁶ La mer s'avance insensiblement et sans bruit, rien ne semble se passer, rien ne bouge, l'eau est si loin, on l'entend à peine ... Pourtant elle finit par entourer la substance rétive, celle-ci peu à peu devient ... une île, puis un îlot, qui finit par être submergé à son tour, comme s'il était finalement dissous dans l'océan ... [G: Troisième Partie, p. 553/539].

¹⁷ Публикувана в дисертацията (1863) на Gustav Roch (1839-1866) студент, 1861, на Bernhard Riemann (1826-1866).

¹⁸ Friedrich Hirzebruch (р. 1927) от 1952 до 1956 е в Принстън (САЩ), след това – професор в университета в Бон.

се желае в тази област, която свързва – неочаквано и красиво – комплексния анализ с топологията. И ето, че „тук се яви Гротендик, и каза ‘Не, теоремата на Риман-Рох не е за многообразия; това е теорема за морфизми между многообразия’. Това беше съвършено нова гледна точка, дори формулировката на теоремата бе напълно променена“ – казва Nicholas Katz (от Принстънския университет). „Това беше в духа на категориите и функторите ..., но самото твърдение беше изпреварило времето си с 10 години“ – добавя Борел¹⁹ ([J04] с. 1046). За да докаже своята теорема (валидна за произволно числово поле) АГ въвежда *K-групи* (сега наричани *групи на Гротендик*), дали начало на К-теорията на Michael Atiyah и на Хирцебрух.

За читател с обща представа от комплексния анализ, желаещ да разбере нещо по-конкретно, ще се опитам да поясня поне за какво става дума в класическата теорема на Риман-Рох. Ще започна с едно отличително свойство на компактните риманови повърхнини (достъпен увод, към които представляват лекциите за млади учени на Васил Цанов, *Риманови повърхнини*, Изд. на БАН, София 1987): функциите с единствен полюс от даден ред в дадена точка образуват крайно-мерно векторно пространство. Ако функциите нямат полюс (т.е., ако полюсът е от ред нула) теоремата на Лиувил (1809-1882) ни казва, че те са константи, с други думи, тяхното пространство е едномерно. Оказва се, че размерностите на тези пространства се определят от топологичната характеристика, рода g , на повърхнината. За сферата, т.е., при $g=0$, и ред на полюса 0, 1, 2, ..., съответните размерности са 1, 2, 3, ...; за тора, т.е. за $g=1$, те са 1, 1, 2, ... (Втората единица за тора – вместо двойката от сферата – изразява дълбока теорема: всяка двойно периодична (елиптична) функция в комплексната равнина е или константа, или има поне два полюса.) Теоремата на Риман-Рох дава обща формула за размерностите като линейна функция на рода. (Тя се записва днес като формула за въведеното по-късно понятие *дивизор* – виж историческия увод: J. Gray, *The Riemann-Roch theorem and Geometry*, 1854-1914 – достъпен в Интернет.)

Гротендик има щастието да започне кариерата си в златна ера за френската математика (и за Бурбаки). Неговата научна кореспонденция с Ж.-П. Сер (публикувана през 2001), от която водят началото си много от неговите идеи, започва през 1955, когато АГ е в Канзас (след Бразилия). Върнал се в Париж през 1956 (на място в CNRS²⁰), той докладва своето обобщение на теоремата на Риман-Рох през юли 1957 на първата работна среща (*Arbeitstagung*), организирана от Хирцебрух в Бон. Но, странно, резултатът е публикуван от Борел и Сер, а не от него. През есента на 1957, АГ скицира, в писмо до Сер, който е в Принстън, доказателство на теоремата. Борел и Сер организират там семинар, за да се опитат да го разберат. АГ, който преди края на 1957 загубва майка си, предлага на колегите си сами да напишат и публикуват записките

¹⁹ Armand Borel (1923-2003) швейцарец, професор в Institute for Advanced Study (IAS) в Принстън (1957-1993).

²⁰ Centre National de la Recherche Scientifique – организация за научни изследвания във Франция, аналог на БАН.

от своя семинар, което те и правят. (Според Борел, АГ не публикува сам теоремата, защото доказателството ѝ не удовлетворява неговия идеал за пълна естественост на всяка стъпка: то съдържа трик – виж [J04] с. 1046.)

АГ тежко преживява смъртта на майка си: престава да се занимава с математика, мисли да стане писател (да реализира мечтата на Ханка, така и не завършила своята повест?). Все пак повикът на математика надделява и той се връща към своите незавършени постройки. Идва 1958, може би най-плодоносната година в неговия математически живот. (Тогава той живее с Мирей (Mireille Dufour), приятелка на майка му, доста по-възрастна от него; по-късно те се оженват и имат три деца: Йоханна (1959), Матвей (1961) и Александър (1965).)

„Златните ябълки от градината на Хесперидите“ (по цветистия израз на Картие [C]) са по това време знаменитите догадки на Вейл (1949, 1954) [W], които свързват броя на точките на система от полиномиални уравнения върху крайно поле на Галоа, задача за преброяване от дискретната математика, с топологични характеристики (числата на Enrico Betti, 1823-92), които определят кои величини остават неизменни при непрекъснати деформации. АГ го казва по-добре: „Числото“ е способно да улови структурата на прекъснатите или дискретни системи, които се състоят от изолирани един от друг обекти, без възможност за непрекъснат преход между тях. ‘Размерът’, напротив, е свойство, което се подава на непрекъснато изменение. Той е способен по този начин да обхване структурата на непрекъснатите явления: движението, пространството, многообразието от всякакъв вид, силовите полета ... Аритметиката се явява като наука за дискретните структури, а анализът – като наука за непрекъснатите. ... За пръв път видението за *аритметична геометрия* се зароди под формата на хипотезите на Вейл.“ [G:P10].

За читатели, които не се боят от висша математика, тези хипотези могат да се резюмират така. Вейл кодира броя на точките на проективно алгебрично многообразие върху система от вложени крайни полета чрез тяхната пораждателна функция; тя се оказва локално обобщение на римановата *дзета функция* $\zeta(s)$ (въведено в частни случаи в дисертацията на Артин²¹ от 1923). Догадките (които Вейл доказва за едномерно многообразие – т.е. за проективна крива) гласят: (1) възникващата дзета функция е рационална спрямо подходящо избрана променлива (по-точно, тя е отношение на произведения от полиноми, чиито степени се дават с числата на Бети); (2) тя удовлетворява функционално уравнение; (3) Нулите на дзета функцията удовлетворяват условие, което в случай на едномерна крива X се свежда до хипотезата на Риман: (нетривиалните) нули на $\zeta(X, s)$ принадлежат на правата от комплексни s с реална част $\text{Re } s = 1/2$.

Сер преформулира (през 1955) хипотезите на Вейл в кохомологични термини, контекст, способен да привлече Гротендик. През август 1958 АГ изнася пленарна лекция на конгреса на математиците в Единбург. Той скицира с ясновидска точност своята програма за построяване на естествен дом за хипотезите на Вейл (и за тяхното доказателство) през следващите 12 години.

²¹ Emil Artin (Виена, 1898 – Хамбург, 1962) – австриец от арменски произход, водещ алгебрист на своето време.

През есента на 1958 АГ е за пръв път в математическия факултет в Харвард. (Като пример за неговата непрактичност, разказват, че преди да замине, дал на Мирей, която пътува с него, свой любим роман, за да си усъвършенствува тя английския. Романът бил *Моби Дик* – [J04] с. 1047.) В писмо до поканилия го Зариски²² АГ пише, че той няма да обещава да не работи за сваляне на американското правителство, както се е изисквало за да му дадат американска виза (която той все пак получава). David Mumford (автор на книги по алгебрична геометрия, тогава студент на Зариски) си спомня за поразяващите скокове към абстракции в лекциите на Гротендик. На въпрос как се доказва една от лемите АГ отговорил с толкова абстрактно разсъждение, че Мъмфорд не повярвал, че то може да докаже такъв конкретен резултат. След няколко дни мислене по въпроса, той си дал сметка, че всичко е точно. „Той така оголва проблема, че ти се струва, че нищо не е останало от него. И тогава той изважда наяве неговата истинска структура от ‘нищото’.“ ([J04] с. 1049)

4. „Idées maîtresses“²³ на Гротендик: IHES (1958-70)

В течение на 25 години, между 1945 (когато бях 17) и 1969 (когато наближавах 42), влагах практически цялата си енергия в математически изследвания. А. Гротендик [G:P7]

Когато Léon Motchane (1900-90) основава IHES (през юни 1958), той кани Дийодоне като пръв професор-математик. Дийодоне приема при условие, че бъде поканен и блестящият пост-док от Нанси, 30-годишният Гротендик. АГ пише (след още 28 години) с топлота за Дийодоне и за неговата способност да се възхищава: „Добре си спомням, че в групата шумни приятели ..., които олицетворяваха за мен математичната среда, имаше място всеки момент за възхищение – най-ясно изразено у Дийодоне. Това беше чисто възхищение (émerveillement), на което не можеше да се устои, в което всяка следа от самоизтъкване беше изчезнала. Сега,



С Жан-Пиер Сер през 1958 г.

²² Oscar Zariski (1899-1986), роден в Полша, учи в Рим при италианските алгебрични геометри, професор в Харвард (1947-69). АГ обобщава и включва в своята програма неговата теорема за холоморфни функции.

²³ “Главни идеи” или “идеи – любовници” – израз на Гротендик [G:P8], възприет и от неговия ученик, [D98].



С Майкъл Атия (Бон, 1961?)

години“. Резиденцията за работещи в IHES се заключава в 11 вечерта, но сътрудници, прекарвали вечер в Париж, нямат проблем да си влязат въщи. Колкото и късно да се прибират, те намират АГ да работи до осветения прозорец на своята спартанска квартира – и готов да им отвори ([J04] с. 1198).

Всеки вторник АГ води семинар, който трае целия ден – заедно с дискусиите по време на обяд. IHES става притегателен център за млади математици (не само от Франция). АГ формулира грандиозна програма, призвана да обедини аритметиката и топологията в една нова алгебрична геометрия. Строител на катедрала, по собственото му сравнение, той разпределя задачите в своя екип. Наближаващият 60 Дийодоне, човек на дълга и на традицията, работи всяка сутрин, от 5 до 8, над не особено четливите ръкописи на своя студент от Нанси [C]. Резултатът е 8-томен трактат *Éléments de Géométrie Algébrique* (EGA) – малка част от първоначалния замисъл на Гротендик²⁴. Според А. Борел, единствено АГ вижда нещата глобално, докато Дийодоне ги разбира само ред по ред, в резултат на което стилът е доста тежък, [J04] с. 1050. Оценката на АГ, [G:I.38], е по-великодушна: „Това, което правеше от Дийодоне мечтан служител на голяма кауза, било в проекта на Бурбаки или в нашето сътрудничество, бе неговата душевна щедрост, липсата на всяка следа от суетност в неговата работа и в избора на неговите големи вложения.“ Естествено, днес се намират по-компактни текстове по алгебрична геометрия, но никой от тях не предлага такова пълно изложение на основите на предмета. Фалтингс²⁵, до 1994 професор в Университета в Принстън, препоръчва на своите докторанти оригиналните томе на EGA.

²⁴ Завършени са 4 от заявените 13 раздела: първите два заемат по един том, третият е в два, а четвъртият – в четири.

²⁵ Gerd Faltings, сега директор на математическия Институт „Макс Планк“ в Бон, получава Филдсов медал (1986) за своето доказателство на хипотезата на L.J. Mordell (1888-1972), което използва построенията на Гротендик.

когато си спомням за него, си давам сметка, че то само беше сила, която той излъчваше и оказваше непосредствено, незабавно въздействие на всички около себе си“. [G:I.37]. Дийодоне е навършил 50, възрастовата граница, която Бурбаки е наложил за участие в писането на неговия трактат; написал своята най-интересна работа – за формалните групи, и се поставя в служба на нов амбициозен проект.

По свидетелството на колеги, АГ работи безспир „12 часа дневно, 7 дни в седмицата, в течение на 20

По същото време в IHES започва публикацията и на Séminaire de Géométrie Algébrique (SGA), 7 тома, вдъхновени (в началото и писани) от АГ и (дописвани) от негови ученици. „Моята работа през тези години на интензивна продуктивност се характеризира количествено с около 12000 публикувани страници ... и със стотици, ако не хиляди, нови понятия... Едва ли в историята на математиката ще се намери друг, въвел в нашата наука толкова нови понятия и, заедно с това нови термини, които ги изразяват с всичките им тънкости, подсказвайки техния смисъл“ [G:P7]. Интересно, че АГ разглежда даването на имена, като част от математическото творчество. За жалост, погледът върху работата, който предлагаме, не отива много по-далеч от цитирането на три от тези имена. Нека започнем, обаче, с един импресионистичен увод от късния Гротендик.

„Понятието за „пространство“ е между най-древните в математиката. То е толкова основно за нашето 'геометрично' възприятие на света, че остава неизказано през повече от две хилядолетия. Едва през 19 век то почва да се отърсва от тиранията на непосредственото възприятие (на едно и също 'пространство', което ни заобикаля), и от неговото традиционно 'евклидово' теоретизиране, и придобива собствена динамика... То е многолико, в зависимост от структурите, които се влагат в него – от най-богатите (евклидови, афинни, проективни ...) до най-аскетичните, в които всяка количествена информация изглежда безвъзвратно изчезнала, а е останала само качествената квинтесенция на понятието за близост и най-изпълзващият се вариант на интуицията за ('топологична') форма... Изучаването на такива пространства е обект на един от най-увлекателните раздели на геометрията – *топологията*.

Колкото и неуловима да изглежда структурата на 'чисто качество' ... през миналия (19-и) век математиците успяха да напъхат тези пространства в стегната и гъвкава мрежа на език, скроен по тяхна мярка. Нещо повече, те изобретиха и изготвиха еталони на 'метри' или 'аршини', за да могат, въпреки всичко, да въведат някакви мерки (наречени „топологически инварианти“) за тези пространства-пипала. Вярно е, че най-съществените от тези инварианти имат по-фина природа от „число“ или „величина“: те са сами нови математични структури, съотнесени към разглежданите пространства. Едни от първите и най-съществени от тези инварианти (въведени от Бети) са образувани от различни „групи на кохомологии“, асоциирани с пространството... Нов тласък даде понятието за (абелев) *сноп* над едно пространство, с който Лъоре свързва редица от такива групи ... Като че ли добрият стар „кохомологичен метър“, с който разполагахме, изведнъж се превърна в множество нови „метри“ с всевъзможни размери и форми, всеки от които ни дава прецизна информация от своята област ... Това е една от решаващите идеи, появили се през този век. Благодарение на последвалите работи на Жан-Пиер Сер, идеите на Лъоре доведоха до пробив в теорията на топологичните пространства и на техните *хомотопични* инварианти. Моите геометрични работи са продължение на развитието на Сер, и с това, на новаторските идеи на Лъоре“ [G:P12].

Първите десетилетия на 20-век са свидетели на революцията, провъзгласена от Айнщайн (1879-1955), на физическото понятие за пространство. Тя се базира на развитието на римановата геометрия и на намирането на групата на инвариантност

на уравненията на Максвел, както и на анализа на понятието за едновременност от Поанкаре²⁶. (Математичните влияния се проявяват във физиката в обратен ред: Поанкаре и Айнщайн формулират принципа на относителността през 1905, а Айнщайн и Хилберт²⁷ стигат до съвременната общо-ковариантна теория на гравитацията, основана на геометрията на Риман, през 1915.) Ако за теорията на относителността са чували „всички“ (дори да не я разбират), малко са хората, които изобщо подозират за фундаменталните промени в математическото понятие за пространство, короновани от работите на Гротендик²⁸.

„Отгърсването от тиранията на възприятието“, за което говори АГ в цитирания текст, започва с появата на неевклидовата геометрия, поразила въображението на образования свят от средата на 19-и век. Следващата важна стъпка прави Риман: той допуска кривината да се мени от място на място и така открива пътя за разглеждането на метриката като физическа променлива. Развитието на математиката след Втората световна война започва с обобщаване на понятието точка и стига до неговото почти пълно изгонване от представата за *многообразие*. (Вдъхновеният исторически преглед в [C98] започва с идеята на Гелфанд за спектър, развита и приложена в некомутативната геометрия на Ален Кон, и завършва с мечтата за „космическа група на Галоа“.)

Визията на Гротендик за многообразие се концентрира в прогресията от понятия с нарастваща общност: *схема* → *топос* → *мотив*. Класическото определение на понятието за алгебрично многообразие като множество от нулите на система от полиномиални уравнения от n променливи не е *вътрешно*: то зависи от n -мерното (реално или комплексно) пространство, в което е вложено като (алгебрична) повърхност. Стъпката от вложени гладки повърхности, разглеждани от Гаус²⁹, към вътрешно определени гладки многообразия е едно от основните постижения на Риман. Нейното пряко обобщение за алгебрични многообразия не върви, защото няма достатъчно много полиномиални функции, които да служат като функции на преход (не е в сила аналог на теоремата за неявни функции). Тук идва на помощ понятието *схема*, използвано в по-тесен смисъл от Шевале; АГ го въвежда и налага в неговата естествена общност. Цената е, че „точките“, които се отъждествяват със спектъра на схемата, губят, в общия случай, своя интуитивен смисъл. Вече на това първо ниво случаите на дискретно и на класическо (непрекъснато) многообразие се получават като частни случаи. Терминът

²⁶ За недооценения френски математик и физик Henri Poincaré (1854-1912) виж *Светът на физиката* 4 (2005) 405.

²⁷ АГ разглежда David Hilbert (1862-1943), заедно с Évariste Galois (1811-32) и Риман като свои предшественици.

²⁸ По думите на АГ [G:P21], „Тази кратка екскурзия при „съседите отсреща“, физиците, може да служи като репер на читателя, който (като повечето хора) нищо не знае за света на математиците, но без друго е чувал за Айнщайн и за неговото фамозно четвърто измерение, а може би дори и за квантовата механика.“

²⁹ Carl Friedrich Gauss (1777-1855) избира темата (за основите на геометрията) на встъпителната лекция на Риман.

топос (виж [I]) от гръцкото *τοπος* (местоположение) е въведен от Гротендик, за да опише най-общо топологично пространство. Ако схемите съдържат много необичайни точки, то топосите изобщо не се нуждаят от точки. Класически, топологията на едно многообразие се задава чрез система от околности на всяка точка. При топосите остава само *решетка от отворени множества* (т.е. съвкупност от околности с най-малък и най-голям елемент – „вакуума и вселената“, и такава, че сечението и обединението на две околности е отново околност). АГ предлага по този повод рядка за него физична аналогия: „В квантовата механика традиционната 'материална точка' изчезва, за да се замени с 'облак от вероятности' ... В подобна нова оптика се чувства още по-дълбока 'мутация' на нашите механични представи отколкото в теорията на Айнщайн... Тези 'вероятностни облаци', които заместват добрите стари материални точки, странно ми напомнят изплъзващите се 'отворени околности', които населяват топосите, около въображаеми точки...“ [G:P20]. Гротендик включва в картината идеята на Риман, че многозначните аналитични функции живеят не в равнината, а върху многослойна риманова повърхнина. Разслоените риманови повърхнини се проектират една върху друга и образуват обектите на *категория*³⁰. „Както често става в математиката, на нас ни се удаде (благодарение на идеята за сноповете, или на 'кохомологичните метри') да изразим едно понятие (в случая 'пространство') чрез друго ('категория')... Така, топологична по своята природа ситуация, vyplътена в дадено пространство, се представя в ситуация с алгебрична природа, vyplътена в категорията.“ [G:P13] „Кохомологичните метри“ ни водят до това, което АГ нарича „най-дълбоката тема, която съм въвел в математиката (поне в моя 'публичен' период) – *мотивите* (родени от темата на *еталната*, или ℓ -адична, *кохомология*)³¹... За да дам израз на интуицията за родство между различните кохомологични теории, аз разкрих понятието за (общ) *мотив* на едно алгебрично многообразие... Това е, изказана на нетехнически език на музикална метафора, квинтесенцията на тази детски проста и едновременно деликатна и смела идея... Теорията на мотивите, с цялото си поразително структурно богатство, остава в много отношения хипотетична. (През всички тези години (1963-69), обяснявах своето виждане за мотивите, на всеки, който искаше да слуша ... без да си дам труда да напиша каквото и да било черно на бяло³² ...)“ [G:P16].

³⁰ Виж педагогичния исторически увод към теорията на категориите (и нейните приложения във физиката) в [BL].

³¹ АГ въвежда мотивите в писмо до Сер от 1964. Мечтата за мотивите на Гротендик се основава на неговите и до днес недоказани „стандартни хипотези“ – виж лекцията на Милн [M09]. Из увода към [G]: Parmi toutes les choses mathématiques que j'avais eu le privilège ... d'amener au jour, cette réalité de motifs m'apparaît encore comme la plus fascinante, la plus chargée de mystère – au cœur même de l'identité profonde entre la géométrie et l'arithmétique.

³² Юрий Манин, автор на първата публикация за мотивите (от 1968), показваше на конференцията в IHES през януари 2009 листата изписани от АГ през лятото на 1967, когато му е развивал своите идеи.

5. Учител и ученици. Нов начин на мислене

Моята амбиция като математик, през целия ми живот, или по-скоро моята радост и страст бяха да откривам очевидното... Гротендик [G: x]

През 1962 IHES се настанява в своето постоянно жилище, в парка на разрушен от бомба замък. Върнал се наскоро от Харвард, Гротендик подновява своя семинар на необичайна сцена: в зала с огромни прозорци, създаващи илюзията, че докладите се изнасят в парка. Атмосферата, е „фантастична“ ([J04] с. 1053). Около АГ се събира група блестящи млади математици, готови да приемат новото евангелие. Той не жали себе си, когато работи с ученици.

Анри Картан⁹ препоръчва на своя студент тополог Люк Илюзи (от университета Paris-Sud) да вземе тема за докторат при Гротендик – „богът на алгебричната геометрия“. АГ го посреща дружелюбно и, след като го разпитва за какво се е занимавал, отива до черната дъска и започва да му говори (за снопове, условия за крайност и пр.): „Беше като море, като непрекъснат поток от математика“, си спомня Илюзи. Накрая АГ му казва, че следната година (1964) ще посвети на L-функции и на ℓ -адична кохомология, а Илюзи ще му помага за подготовка на текста. На уплашените думи на Илюзи, че той не знае нищо от алгебричната геометрия, АГ отговаря, че това няма значение: „Ще научиш бързо.“ И Илюзи научава. „Неговите лекции бяха тъй ясни, той правеше усилие да напомни всичко необходимо, всичко, което се използва; беше прекрасен учител, търпелив, умеещ да обяснява всичко ясно. Той отделяше време да обяснява най-прости примери, които показват как работи построението.“ Той е от онези (френски) математици, за които Едуард Нелсън от Принстън казва с похвала, че не се боят да формулират очевидното. АГ предлага на Илюзи да развие три раздела от SGA 5. „Трепях като му давах готовите записки.“ След две-три седмици АГ го кани вкъщи да ги обсъдят. Той изважда на масата записките, черни от бележки с молив. Двамата седят няколко



С Карин Тейт в Париж, 1964

часа, докато АГ се спира на всеки коментар. „Той можеше да критикува запетайка или точка, но критикуваше и много задълбочено по същество, често предлагаше нова организация на материала ... Случвало се е човек да бъде докаран до сълзи след подобна среща с АГ. Някои не издържаха и си сменяха ръководителя... Но това не бяха дребнави критики.“ ([J04] 1053-54)

АГ предлага на новодо-

шлия, 1968, в IHES, 25-годишен „пост-док“ Н. Кац (от Принстън – споменат в 3.) да направи доклад на семинара за *моливи на Лефшец*³³. Кац протестира, че само е чувал термина, но нищо не знае за него. „Но до края на годината направих няколко доклада, които станаха част от SGA 7; това имаше голям ефект за бъдещата ми работа.“ АГ демонстрира „удивително прозрение коя задача е подходяща за даден човек. И той имаше невероятно обаяние като математик: хората смятаха за привилегия да участват в реализиране на неговата далекобойна визия.“ Мазур (Barry Mazur, друг младеж, посетил IHES, сега професор в Харвард) също говори



Семинар по алгебрична геометрия в IHES

за таланта на АГ да „съчетава проблемите с подходящи хора. Хваща те и ти поставя задача, която е точно това, което най-добре ще проясни твоя кръгозор“ ([J04] 1054).

Наред с учениците (12 на брой – символите играят роля! [C]) АГ поддържа обширна математическа кореспонденция. Робин Хартсхорн от Беркли, през 1961 посещава лекциите на АГ в Харвард и взема от тях идея за темата (за схеми на Хилберт) на докторската си дисертация. След като я защитава, той праща копие от нея на АГ (вече в Париж). Отговорът започва с кратка похвала на тезата. „Следващите 3-4 страници са пълни с неговите идеи за нови теореми, които бих могъл да докажа, и за други въпроси, които човек би могъл да си постави“, свидетелствува Хартсхорн. След това АГ се връща към тезата и изпълва три страници с подробни коментари. Хартсхорн предлага да проведе семинар в Харвард по теория на дуалността – тема, която АГ е предложил още на конгреса в Единбург (1958). През лятото на 1963 АГ го захранва с около 250 страници „предварителни бележки“: да послужат за основа на семинара, който Хартсхорн започва през есента. Въпроси от аудиторията му помагат да уточни нещата и той почва да пише систематичен текст, като праща готовите глави на Гротендик. АГ ги връща изпъстрени с поправки. „Аз поправях всичко и му пращах новия вариант, който се връщаше обратно с още червено мастило.“ Давайки си сметка, че този процес може да не свърши никога, Хартсхорн изпраща един хубав ден ръкописа

³³ Solomon Lefschetz (Москва, 1884 – Princeton, 1972), заруган ръце като инженер, той става математик – алгебричен геометър и тополог; за „моливите“ виж R.E. Gompf, What is ... a Lefschetz pencil? *Notices AMS* 52 (2005) 848-850.

на издателя³⁴. АГ „беше толкова пълен с идеи, че намираше работа на всички сериозни алгебрични геометри по онова време.“ ([J04] с. 1054-55).

Гротендик преобразява съвременната математика. За него същността на даден обект се разбира, когато открием връзките му с други обекти. Самите въпроси се променят: пита се не *какво е* (нещо), а *на каква категория принадлежи*. С невероятен дар за абстракция, АГ вижда проблемите в най-общ контекст и го прави изискано точно. „Всеки път той успява да оголи въпроса, така че да не е частен случай, но същественото да е останало“ [J04] с. 1196. За разлика от неговите епигони, той не търси общност заради общността. Езикът, който той създава, помага да се решат най-интересните проблеми: догадките на Вейл, хипотезата на Мордел. Неговата гледна точка, която обхваща преди всичко алгебричната геометрия, е толкова естествена, че за новото поколение е трудно да си представи, че нещата някога са били различни. (За мен, завършил образованието си през 1956, промяната на стила в математичните списания през 60-е години беше шокираща – трябваше да се уча отново, за да разбера за какво става дума.)

6. Завоят. Медитации. Жътва и посеви (1970-90).

Зад мен са 20 години на интензивно математично творчество, на прекалено математично отдаване – и в същото време, 20 дълги години на духовен застой, в „затворена саксия“... [G:L3]

Исклучителната концентрация върху математиката в течение на десетилетия (според колеги, той не отделя време дори да прегледа вестник) предпазва АГ от проблемите наоколо и в самия него. С благородни пориви, склонен към революционни възгледи, възприети от родителите, които боготвори, с детство в лагер и като момче без гражданство – Гротендик живее като в златна клетка: той е благополучен преуспяващ учен. Признаци за назряващ прелом (за непосветените, дошъл като гръм от ясно небе – през 1970) могат да се открият по-рано. През 1964 неговият по-стар съратник Дийодонне отива в Ница (като декан на нов математически факултет) и става ясно, че грандиозният проект EGA се задъхва. Първата политическа проява на АГ е през 1966, когато той отказва да отиде на Конгреса на математиците в Москва, където трябва да получи Филдсов медал³⁵, в знак на протест срещу преследването и затварянето на писателите Синявски и Даниел. Тази акция му навлича неприязънта на ортодоксалните комунисти, които все още задават тон всред левите интелектуалци и студентите-бунтари във Франция³⁶ (виж [Sch] с. 935). (Явно, баща му, гонен от Ле-

³⁴ R. Hartshorne, *Residues and Duality*, Lecture Notes on a work of A. Grothendieck, Springer, 1966.

³⁵ Fields Medal – най-престижната награда за математик (под 40 години), която се дава веднъж на четири години.

³⁶ V. Roénaru, професор в Orsay (Франция), роден в Румъния, пише за АГ: „В края на 1962, той беше практически единственият ми парижки колега, който точно разбираше какво ставаше тогава в Източна Европа“ ([P] с. 965).

ниновата власт в Съветска Русия, е предпазил момчето от разпространени илюзии.) АГ, на върха на славата си, при цялата си феноменална работоспособност, започва да проявява признаци на умора. През 1968 споменал пред Мазур, че ходил на кино – за първи път от 10 години ([J04] с. 1198). Следващото му политическо действие е пътуване до северен Виетнам за три седмици, през ноември 1967, в разгара на Виетнамската война. Върнал се обратно (с една виетнамка [C]), той изнася серия лекции в Париж (и другаде) през декември. АГ разказва за своите научни и лични контакти по време на американските бомбардировки, възхищава се от мъжеството на виетнамците и от усилията им да подкрепят науката и образованието в трудни условия, но критикува, макар и предпазливо, виетнамското правителство за насаждането на диалектическия материализъм и за прекаленото регламентиране на живота на хората. (Шарлау, [Sch] с. 935, отбелязва, че това е лична постъпка: тя не е част от организирания, включително и от ръководителя на тезата му, Лоран Шварц, протести срещу американската война.) Времената също предвещават промяна: студентските вълнения и бунтове през май 1968 не оставят никого равнодушен.

На този фон възниква конфликт с основателя-директор на IHES, Мочан, по повод на (малка) субсидия, която Институтът получава от военните. Никой от постоянните професори, не е във възторг от този факт, но те са готови на компромиси. АГ не е, и влиза в личен конфликт с директора. Неговата наивност и неосведоменост дразнят допълнително противниците му и го правят уязвим: колега³⁷ ми казваше, че той (АГ) не знаел даже смисъла на съкращението НАТО... Отношенията стават нетърпими, директорът го предизвиква (пише му, че не може да му плаща без парите от военното министерство) и АГ напуска (на 25 май 1970) с трясък *своя* институт. За негово огорчение, никой от неговите колеги (нито дори любимият му ученик, Делин', станал професор в IHES по негова препоръка година по-рано) не го последва в знак на солидарност. След 15 години, АГ вижда станалото в друга светлина: „Беше нужен силен тласък, за да ме откъсне от средата, в която бях пуснал дълбоки корени ... Този тласък дойде от конфронтацията с известна форма на корупция (безрезервно сътрудничество с военните), за която дотогава си затварях очите. С времето си давам сметка, че откъд събитието, имаше по-дълбока сила, която е работела в мен. Това беше *остра нужда от вътрешно обновление*. Такова обновление не можеше да се извърши и продължи в равнодушното обкръжение на научен парник на институт с висока репутация... Без да си давам сметка, аз се задушавях – имах нужда от чист въздух! Моето провиденциално 'напускане' отбеляза внезапния край на дълъг застой...“ [G:L3].

Заедно с „големия завой“ с напускането на IHES, АГ заменя (през близките 2-3 години) своята математическа страст с обществено политическа. Месец след напускането той говори пред препълнена аудитория на Университета в Орсе (близо до IHES) за опасността от ядреното оръжие, за това, че учените не трябва да сътрудничат по

³⁷ Louis Michel (1923-1999), първият професор в IHES по теоретична физика (от 1962); посещавал България.



В Университета на Монреал, 1970 г.

ще е среден: първият бюлетин на движението съдържа списък от 25 човека, 18 от които са математици (освен студенти от школата, тук влизат старшите му колеги Шевале⁹



Гротендик с децата си Серж и Йохана през 1960

никакъв начин с военните; стига до там, че нарича занятията с математика вредни³⁸, защото способствуват за развитието на технологията. Същото лято, той създава групата „Survivre“ („Да оцелеем“, по-късно, „Survivre et Vivre“ – „Да оцелеем и да живеем“), предтеча на антивоенното зелено движение. Поканен на школата по алгебрична геометрия в Монреал (Канада), той отива с условието, че ще му дадат същото време за лекции по неговите екологични идеи и ще ги публикуват заедно с математичните му лекции (организаторите се съгласяват на всичко). Успехът му на новото поприще

е среден: първият бюлетин на движението съдържа списък от 25 човека, 18 от които са математици (освен студенти от школата, тук влизат старшите му колеги Шевале⁹ и Самюел³⁹; сред останалите е синът му, Серж, и тъща му, [Sch]); участник в канадската школа свидетелствуваше (в мое присъствие) пред биографа му, че ходил на математическите му лекции, но пропуснал политическите... По време на пропагандна обиколка на САЩ, той поразява въображението на студентката по математика Жустин Скалба, която зарязва докторската си работа и тръгва с него. Във Франция те живеят в основана от АГ комуна в покрайнините на Париж; през 1973, скоро след като им се ражда син (Джон), АГ напуска столицата и ги помъква в малко селце, Вилекун,

³⁸ „nuisible“; текстът на доклада «Responsabilité du savant...» циркулира като ръкопис. Студентите са враждебно настроени, въпреки самоотречението на АГ. Техен лозунг е приведен в приложение към доклада: “Réussissez, ossifiez-vous, détruisez-vous vous-même: devenez un petit schéma télécommandé par Grothendieck.” (Преуспейте, вкостенете се, саморазрушете се: превърнете се в малка схема, управлявана от разстояние от Гротендик.)

³⁹ Pierre Samuel (Париж, 1921-2009), съавтор на Зариски²², секретар на Бурбаки след Дйедоне⁶ и преди Картие³.

на 60 км. от Монпелие; там нямат електричество – осветяват се на газена лампа. Макар че повече от времето АГ е любвеобилен, Жустин, разказва за негови бурни изхвърляния, следвани от периоди на мълчаливо отдръпване; понякога плашещи я монолози на немски (от който тя не разбира нито дума). Скоро те се разделят, Жустин се връща в САЩ (и се омъжва); но и 30 години по-късно, тя говори с благоговение за АГ ([J04] с. 1202).

Както и в Канада, Гротендик е готов, наред с обществената дейност (която за него е най-животрептяща), да продължи да се занимава с математика, но неговите колеги във Франция не проявяват широтата и благожелателността на организаторите на школата в Монреал. През 1972 АГ е кандидат в конкурс за професор в престижния Колеж де Франс⁴⁰. Тъй като той дава да се разбере, че ще използва мястото⁴¹ “за императивите на оцеляването“, избран е Титс (правилно, според Сер¹⁰, [J04] с. 1202). През 70-е години АГ прави опит да получи отново място в CNRS²⁰, но му е отказано, защото „не било ясно, че ще се занимава с математика“. Д. Рюел, колега (физик) на АГ от IHES, коментира, че ако АГ беше завършил някое от престижните училища или беше член на подходяща партия, щеше да му се намери достойно място. Но той не е даже френски поданик (нито поданик на някоя друга държава). „Никой не отговаря за него, той представлява само един неудобен проблем. Разбираемо е, че някои биха искали да стоварят на Гротендик цялата отговорност за неговото изключване: той полудя и напусна математиката. Но това не държи сметка за фактите.“ ([R] с. 66) Ще отбележим, обаче, че сам Рюел (а и никой от останалите колеги на АГ в IHES) не се е опитал да задържи там Гротендик. Това било „невъзможно“. Опитите на АГ да събира в комуни ентусиасти за своите нови идеи, не са успешни. Безделните хипита около него не приличат на младите математици „от преди пробуждането“, за които той е бил авторитет, на които е можел да поставя задачи и да разчита, че ще бъдат изпълнени. Тъй или иначе, той се загубва – отива през 1973 като професор в Университета в Монпелие⁶, където е учил. „Както знаеш, изоставих 'големия свят' на математиката, 1970 ... След няколко години войнстващ екологичен антимиитаризъм, стил 'културна революция', ... аз практически



Къщата във Вилекун, в която Гротендик живее от 1973 до 1979

⁴⁰ Collège de France, преименуван така през 1870, е основан от крал François I през 1530 като Collège Imperial.

⁴¹ на пенсиониралия се Szolem Mandelbrojt (1899-1983), за което се състезава с Cartier и Jacques Tits (Белгия, 1930-).

изчезнах от циркулация, загубен в някакъв провинциален университет, Бог знае къде. Мълвата твърди, че си прекарвам времето да паса овце и да копая кладенци. Истината е, че ходех честно, като всички, да чета лекции във факултета...“ ([G:L2]). Наистина, АГ чете лекции на всички нива. „Студентите не подозираха, че виждат пред себе си велик математик. Явяваше се в износени дрехи на хипи и раздаваше на слушателите домашно отгледани ябълки. Определено не обясняваше нещата линейно, както е прието за начинаещи, но неговите лекции вдъхновяваха, и говореха за чудна, тайнствена, ‘голяма картина’.“ – спомня си студентка от тогава ([J04] с. 1205).

„В живота си съм имал три големи страсти. Накрая си дадох сметка, че зад тях стои един и същ дълбок импулс: стремежът към познание... Първа се прояви страстта ми към математиката... Познах математиката дълго преди да позная първата жена (освен тази, която познавам от рождение), и днес, в зряла възраст, тази първа страст още не е утихнала... Втората моя страст беше търсенето на жената... Тя се прояви напълно само след смъртта на майка ми (пет години след първата ми връзка, от която се роди мой син)... Денят, когато се появи моята трета страст – през една октомврийска нощ на 1976 – изчезна големият страх от познанието. Това е страхът от действителността, от смирените истини, преди всичко за мен и за най-близките ми хора... Щом се появи любопитство – няма страх...“ [G:I.35]. „В тази нощ открих за себе си *медитацията*: труд за откриване на самия себе си... Само силна жажда за познание можеше да преодолее желанието за бягство от тревожните мисли... Тази жажда ме водеше часове наред към сърцето на конфликта – както силното желание за любов ни води безпогрешно към сърцето на любовната... За мен и до сега записването е ефикасно и необходимо пособие... Внимателният подбор на думи играе важна роля в медитацията...“ [G:I.36]. „Явно, имаше с какво да се занимавам до края на живота си.“ [G:L2]. Но страстта на Гротендик към математиката се връща – за негова собствена изненада. През учебната 1980-81 година той води семинар (с един (!) слушател, Malgoire; в Париж биха били повече...) за съотношението между групите на Галоа и на фундаменталните групи (на Поанкаре). Завършва, през 1981, ръкопис от 1300 страници за „Дълъг поход през теорията на Галоа“, който Малгоар частично публикува през 1995. „Той беше като извънземен... Беше очарователно да се работи с гений“ – разказва друг негов млад сътрудник от Монпелие. „Не обичам тази дума, но за Гротендик няма друга... Беше очарователно, но едновременно и страшно ... Спомените за работа с него до късно през нощта, под светлината на газена лампа са най-силните спомени в моя живот...“ ([J04] с. 1206).

АГ чувства, че няма какво повече да прави със слабо мотивирани студенти и отново подава документи, през 1984, за да бъде приет за сътрудник в CNRS. Получаването на място за него пак не е лесно, макар че програмата, която предлага, [G84], необуздан израз на математическо въображение, още храни математиците. По същото време (1983) Гротендик пише друга голяма математична работа⁴², започната като писмо до колега от

⁴² *À la poursuite des champs* (на английски *Pursuing stacks*) *Преследване на разслоени категории*, 1500 страници.

Оксфорд. Пред завършването, решава да каже няколко думи как и защо се връща – след 15 години – към нови *математични размишления*. След година и половина този „увод“ се разраства в самостоятелна книга от повече от 1300 страници. Така възниква *Жътва и посеви* [G], многократно цитираните досега *Размишления за миналото на математика*. „Има много неща в *Жътва и посеви*: опит за откриване на едно минало; *медитация* за съществуването; *портрет на нравите* на една среда и епоха (или портрет на едно коварно и неумолимо хлъзгане от една епоха в друга⁴³); ...; възхвала на *познаването на себе си*; *моята изповед*; ...; *обвинителна реч* (безмилостна, както се полага), или *разчистване на сметки* всред „математичния елит“ (без да правя подаръци)“ [G:L2].

Жътва и посеви е наистина трудно до се класифицира. За човек, който иска бързо да се ориентира, композицията изглежда сложна. Материалът е групиран в четири книги, всяка включваща повече от 50 номерирани параграфа и още толкова под листни бележки, с грижливо подбрани, запомнящи се заглавия. (Гротендик е майстор на словото; майчиният му език е немски, но френският му е извънредно богат и колоритен.) Но книгата е написана със страст (и хапливо): веднъж зачетен, текстът увлича и читателят забравя за сложната му структура. В първата книга, *Самодоволство и обновление*, изпълнена с проникателни (само)анализи, той описва как атмосферата на доброжелателство, с която е посрещнат в кръга на Бурбаки, постепенно изчезва. Математиката се превръща в начин за печелене на власт, водещите математици стават важни фигури, от които се страхуват. Без да се щади, той разказва как сам е допринасял за тази печална промяна и как духът на спортно съревнование потиска способността му да се отвори към красотата на *математичните неща*. Завършвайки първата книга, „аз предчувствах скритата реалност на едно *погрешение* на моето творчество и на самия мен, която внезапно и неудържимо ми се стовари и то със своето име, „Погребението“, на 19 април 1984“ [G:L3]. Свидетелствата и размишленията на АГ на тази тема, заемат следващите три тома (общо повече от 1000 страници). Той обвинява Делин’ и други свои ученици, че са напуснали подготвените от него строителни площадки, като си дигнали инструментите, които им харесват; че си присвояват неговите идеи, без да го споменават; че игнорират новите му ученици и последователи... Но *Размишленията* не се изчерпват с подобни обвинения. Книгите поразяват със своята красота и проникновения. [J04] с. 1209. „Чета от две-три години *Жътва и посеви* и този чудесен текст ми помага да живея, както със силата на идеите, така и с яснотата и с мъдростта, с които анализирате това, в което се е превърнал светът на математиците и всичките поуки, които извличате от това... Всеки, комуто давах да чете най-малкото дългия увод, беше развълнуван от този текст; става дума за хора далеч извън кръга на математиците, за артисти, хора на театъра, музиканти, а също и прости души, които го приеха като откровение.“ пише Ален Кон⁴⁴ на АГ за рождения му ден (март, 2008).

⁴³ Пример за това читателят ще намери в откъса *Сбогуване или: чужденците* в този брой на *Светът на физиката*.

⁴⁴ Alain Connes (Collège de France и IHES; Филдсов медал, 1982) любезно ми предостави копие от своето писмо.

7. Епилог – без поука

Вече не съм заложник на несвършващи задачи, които спираха моя устрем към непознатото... Ако възрастта ми донесе нещо, то е лекотата. [G84]

През 1988 Шведската Кралска академия присъжда наградата Крафорд⁴⁵ на Делин' и на Гротендик за работите им по алгебрична геометрия. АГ се отказва с отворено писмо: „Научната етика (особено сред математиците) деградира до такава степен, че чиста кражба между колеги (особено за сметка на онези, които нямат власт да се защитят) е станала почти общо правило и, във всеки случай, се толерира от всички...“. Той изпраща на Академията екземпляр от [G] и добавя, че да играе играта на приемане на награди и почести би значило да приеме „духа на една нездрава еволюция в света на науката...“. Писмото, публикувано в парижкия *Le Monde*, добива популярност сред интелектуалците ([J04] с. 1210). Същата година АГ се пенсионира. Малко след това излиза 3-томен сборник статии [Fest], посветен на неговата 60-годишнина, в който редактори и автори измежду най-остро критикуваните в [G] правят очевиден опит за помирение. АГ не приема подадената му ръка. Той е възмутен, че не са го предупредили за подготовката на томове, и пише, че неговото дело е използвано като конфети, хвърлени във въздуха с претенция за празник и чествуване, игнорирайки болестта отдолу ([J04] с. 1210).

Дали обвиненията на АГ са проява на параноя, както твърдят повечето математици, които имат думата? Всъщност, спорът е в интерпретацията на фактите, с които всички са съгласни. Ето повода за АГ да пише за „толерирана от всички кражба“. (Няма нужда да си специалист, за да разбереш за какво става дума.) Привеждам резюмето на АГ от [G:L14]:

„1) През 1963-69 въведох понятието за „мотив“; развих около него теория, останала отчасти хипотетична. Право или криво (няма значение), считам тази теория за моя най-дълбок принос в математиката на нашето време. Важността и дълбочината на „йогата на мотивите“ днес, впрочем, вече не се оспорва от никого (след като първите 10 години от моето напускане на математичната сцена даже и думата не се споменаваше).

2) В първата и единствена книга (от 1982), посветена на мотивите (и където това име, въведено от мен, фигурира в заглавието – виж [LNM]) единственият пасаж, който може да накара читателя да заподозре, че моята скромна личност има отношение към теорията, развивана в книгата, се намира на с. 261. Този пасаж (от два реда и половина) обяснява на читателя, че развиваната теория няма нищо общо с тази на някой си Гротендик (спомената тук за пръв и последен път без повече прецизиране).

3) Има знаменита „хипотеза на Ходж⁴⁶“, от която, ако е вярна, би следвало, че новата теория на мотивите, развивана в блестящата книга, съвпада с (твърде частен

⁴⁵ Други лауреати на Crafoord: Арнолд, Nirenberg 1982; Donaldson, Yau 1994; Connes 2001; Концевич, Witten 2008.

⁴⁶ Хипотезата на шотландеца W.V.D. Hodge (1903-1975) е от „проблемите на хилядолетие-то“ на института Clay.

случай на) онази, която развивах и обяснявах на всички почти 20 години по-рано.“

А ето и коментара на Сер¹⁰ по този повод: „Вярно е, че всеки знаеше, че той беше изобретил мотивите, например, или еталната кохомология, така че нямаше нужда той да бъде цитиран всеки път, когато се употребяват тези понятия. Това е причината, че името му рядко се споменава. ... Никой не е казвал, че понятията са въведени от други.“ Официалната френска математика засега отказва да публикува *Жътва и посеви*⁴⁷. От друга страна, „имах случай да забележа дискретни знаци, показващи, че са си взели бележка, че лъвът се е събудил...“ [G:L14⁴⁸].

След пенсионирането си АГ живее в нарастваща изолация. Той медитира (което, по неговото определение, включва писане). Едва не умрял от глад по време на строг пост. Прекарвал нощи в пеене на религиозни химни. Имал (според Картие [C]) халюцинации, че пее на два гласа – със самия Господ-Бог. Изгорил голямо количество (25 000 страници?!) ръкописи, включително преписката между майка си и баща си от 30-те години (показва пепелта на Малгоар, комуто предоставя правата над своя математичен архив).

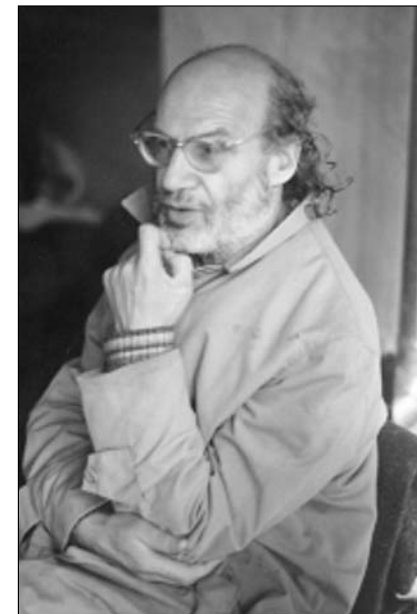
Две по-късни работи на Гротендик също могат да се открият в Интернет ([Sch] с. 938):

1987: *La Clef des Songes ou Dialogue avec le Bon Dieu* (Ключът към сънищата или диалог с дядо Господ, 315 с.), придружен от 691 страници (забележителни, според [Sch]) бележки (1988).

1990: *Les Dérivateurs* – 2000 страници свободен математичен текст, посветен на основите на теорията на хомотопиите, който АГ предава на Малгоар през 1995 ([J04] с. 1206).

Малкото математици, които са виждали АГ през 90-е години, свидетелствуват, че той се е заинтересувал сериозно от физиката, но изразил разочарование от липсата на строгост в нея. Това резонира с неговите думи от [G:P20⁷⁵]: „Предвиждам, че очакваното обновление ще дойде по-скоро от математик в душата, който е добре запознат с големите проблеми на физиката, отколкото от физик. Но най-вече, нужен е човек,

⁴⁷ „je trouve cela simplement révoltant“ (намирам това просто възмутително), пише Ален Кон в цитираното писмо. Голяма част от [G] е публикувана през 1990 в Япония, преведена от японец-математик от *Survivre* ([J04] с. 1208).



Гротендик през май 1988

отворен към философията, за да усети възела на проблема, който не е технически, а е фундаментален въпрос от 'философията на природата'.“ АГ задава (в писмо до един от последните свои приятели) обезоръжаващо простия въпрос: *Какво е метър?* ([J04] с.1211).

Прочел книга, която ме е развълнувала, не обичам да ми обясняват (или да ме питат), какво е искал да каже авторът. Нека не се опитваме да извлечем поука от живота на човека-легенда Александър Гротендик. По-добре да завършим с негови думи:

„... страст към математиката и страст към медитацията ... : Желанията на детето си следват, в течение на часове и дни, като движенията на танц, породени едно от друго.“ [G:I.43]

„Има едно измерение в самопознанието и в работата по откриване на себе си, което ги отличава от всяко друго познание и от всяка друга работа. Може би именно това е „забраненият плод“ от Дървото на познанието. Може би очарованието, което изпитах при медитацията, или по-скоро от тайните, които тя ми разкри, е очарованието от забранения плод?“ [G:I.46]

И последните думи на първия том, *Самодоволство и обновление*:

„Съзрях през последните 10 години тайнствени и много красиви математически неща. Те не са мои лични, те са направени, за да бъдат съобщени. Самият смисъл на съзирането им е, така го чувствам, да ги съобща, за да бъдат подхванати, разбрани, асимилирани... Но за да ги съобща, трябва да ги задълбоча, да ги развия поне малко – а това е *работа*... докато *друга* работа ме чака, която само аз мога да свърша. Но не е в моите възможности, а и не е моята роля да управлявам сезоните в своя живот.“ [G:I.50]

Цитирана литература

[BL] John C. Baez, A. Lauda, A prehistory of n-categorical physics, arXiv:0908.2469[hep-th] (129 p.).

[C98] Pierre Cartier, La folle journée de Grothendieck à Connes et Kontsevich, Évolution des notions d'espace et de symétrie, dans: *Les Relations entre Mathématiques et la Physique Théorique*, Festschrift for the 40th anniversary of the IHÉS, Institut des Hautes Études Scientifiques, Bures-sur-Yvette 1998, pp. 23-42; English translation: A mad day's work: from Grothendieck to Connes and Kontsevich, *Bull. Am. Math. Soc.* **38**:4 (2001) 389-408.

[C] P. Cartier, Un pays dont on ne connaît que le nom (Grothendieck et les „motifs“), Bures-sur-Yvette, IHES/M/09/01; *Le Réel en Mathématiques* (P. Cartier, N. Charraud, eds.) Agalma 2004.

[DLP] J.-F. Dars, A. Lesne, A. Papillaut, *Les Déchiffreurs, Voyage en mathématiques*, Belin, 2008; English translation: *The Unravelers, Mathematical Snapshots*, A.K. Peters, Ltd., Wellesley, MA 2008.

[D08] Philip J. Davis, The early background of genius (Book Review), *SIAM News*, December 2008.

[D98] Pierre Deligne, Quelques idées maîtresses de l'œuvre de A. Grothendieck, *Matériaux pour l'histoire des mathématiques au XXe siècle, Actes du colloque à la mémoire de Jean Dieudonné* (Nice 1996), Société Mathématique de France, 1998, pp. 11-19.

[D89] J. Dieudonné, A. Grothendieck's early work, *K-theory* **3** (1989) 299-306; in:

[Fest] P. Cartier et al. (eds.) *The Grothendieck Festschrift*, volumes I-III, Birkhäuser, 1990; виж J. Dieudonné, De l'analyse fonctionnelle aux fondements de la géométrie algébrique, vol. I, pp. 1-14.

[G] A. Grothendieck, *Récoltes et Semailles, Reflexions et témoignages sur un passé de mathématicien*, Montpellier 1986; (Sommaire): En guise d'avant-propos (pp. A1-A6), Promenade à travers une œuvre – ou l'enfant et la Mère (Secs. P1-P21), Lettre-Introduction (L1-L12, i-xxii), Première Partie: Fatuité et renouvellement (I.1-50, pp. 1-171), Notes (N1-N14), Deuxième Partie: L'enterrement (I), ou la robe de l'empereur de Chine (I-X, pp. 173-420), Troisième Partie: L'enterrement (II) ou la clef de Yin et de Yang (pp. 421-774); Quatrième Partie: L'enterrement (III), ou les quatre opérations (pp. 775-1252), Les portes de l'univers (Appendice à la clef du Yin et du Yang, pp. PU1-PU127); руски превод на част I: Александр Гротендик, *Урожай и посе́вы, Размышления о прошлом математика*, перевод Ю. Фридман, ред. В. Нуждина и В. Прасолова, Независимый Московский Университет, Москва 1996; Прогулка по творческому пути, или дитя и Мать; Часть I: Самодовольство и обновление.

[G84] A. Grothendieck, Esquisse d'un programme, 1984, in: *Galois Actions*, 1, Cambridge Univ. Press, 1997, pp. 5-48; quoted in: Yu. I. Manin, Reflections on arithmetical physics, in: *Conformal Invariance and String Theory* (Poiana Brasov, 1987), Academic Press, Boston 1989, pp. 293-303.

[I] Luc Illusie, What is ... a topos?, *Notices of the AMS* **51**:9 (2004) 1060-1061.

[J04] Allyn Jackson, Comme appelé du néant – as if summoned from the void: the life of Alexandre Grothendieck, *Notices of the AMS*, Part I, **51**:9 (2004) 1038-1056; Part II, **51**:10 (2004) 1190-1212.

[J08] A. Jackson, Grothendieck at 80, IHES at 50, *Notices of the AMS* **55**:8 (2008) 962-963.

[LNM] P. Deligne, J. Milne, A. Ogus, K.-Y. Shih, *Hodge Cycles, Motives and Shimura varieties*, Lecture Notes in Mathematics **900**, Springer, 1982.

[McL] Colin McLarty, *The rising sea: Grothendieck on simplicity and generality* I, May 2003.

[M09] James S. Milne, *Motives – Grothendieck's dream*, Notes for a “popular” talk at the University of Michigan, June 7, 2009, available at www.jmilne.org/math/.

[P] Valentin Poénaru, Memories of Shourik, *Notices of the AMS* **55**:8 (2008) 964-965.

[R] David Ruelle, *L'Étrange Beauté des Mathématiques*, Odile Jacob, 2008; виж глава 7. Un voyage à Nancy avec Alexandre Grothendieck, pp. 57-66.

[Sch] Winfried Scharlau, Who is Alexander Grothendieck? *Notices of the AMS* **55**:8 (2008) 930-941.

[W] A. Weil, Numbers of solutions of equations in finite fields, *Bull. Amer. Math. Soc.* **55** (1949) 497-508; S. Lang, A. Weil, Number of points of varieties in finite fields, *Amer. J. Math.* **76** (1954) 819-827.

ПРОЩАВАНЕ ИЛИ: СРЕД ЧУЖДЕНЦИТЕ

Ал. Гротендик

Това се случи към края на 1977. Няколко седмици преди това бях призван в съда в Монпелие. Обвиниха ме, че “безвъзмездно съм предоставил подслон и храна на чужденец, пребиваващ незаконно в страната”. Тогава научих за съществуването на този невероятен параграф в наредба от 1945, определящ статуса на чужденците във Франция. Този параграф забраняваше на французите да оказват помощ в каквато и да е форма на чужденец в “незаконно положение”. Подобно нещо нямаше дори в хитлерова Германия спрямо евреите и, очевидно, наредбата никога не е била изпълнявана буквално. По някаква странна «случайност», ми бе оказана честта да бъда избран за първото морско свинче, върху което да бъде приложен този единствен по рода си параграф.

За няколко дни останах вкаменен, като след паралитичен удар и в дълбоко отчаяние. Изведнъж ми се стори, че се завръщам във времена с 35-годишна давност, когато човешкият живот не струваше нищо – особено животът на чужденците ... След това някак си изтрезнях и реших да се боря. Няколко месеца подред всичките ми сили отиваха да мобилизирам общественото мнение: отначало в моя университет и в Монпелие, а след това на национално равнище. Към този период на усилена дейност за една кауза, която после се оказа предварително обречена, спада и епизодът, който сега мога да нарека *моего прощаване*.

Готвейки се за акция в мащабите на цялата страна, писах на пет особено известни «личности» от научния свят (в това число и на един математик), за да им посоча този закон, който и днес ми изглежда толкова невероятен, колкото и когато бях призван в съда. В писмото си предлагам да предприемем съвместна протестна акция против една позорна наредба, защото по същество тя поставяше извън закона стотици хиляди чужденци, живеещи във Франция. Що се отнася до милионите останали “легални” чужденци, тяхната съдба бе да станат обект на враждебно недоверие от страна на населението, французите, вероятно, трябваше да ги избягват като прокажени!

Нещо чудно и напълно непонятно за мен: нито една от споменатите “личности” не се отзова на моето писмо. Значи имаше какво още да се уча...

Тогава реших да отида в Париж. Моментът беше подходящ: готвеше се поредния семинар на Бурбаки. Предстоеше да се срещна с мнозина стари приятели, прекрасен случай да получа поддръжката на математическата общност.

Мислех, че математичната среда трябва да бъде особено чувствителна по въпроса за чужденците, защото всичките ми колеги математици, също като мен, работеха всекидневно рамо до рамо с ученици и студенти от други страни! При това, мнозина, ако не всички учени-чужденци изпитваха трудности при оформянето на официалните си документи. По кабинетите (и в коридорите) на полицейските служби ги очакваше произволът на властта; не рядко чиновниците се отнасяха към тях с презрение. Лоран Шварц, комуто разказах за планове си, обеща да ми даде думата още в края на първия ден на семинара, за да обясня на присъстващите колеги ситуацията.

Така и стана. В уречения ден се явих на семинара с куфарче, натъпкано с позиви. Ален Ласку ми помогна да ги раздавам в коридора на института „Анри Поанкаре“ преди началото на заседанието и в почивката между двата доклада. От моите предишни колеги само няколко, чувайки за какво става дума, се свързаха с мене, преди да пристигна в Париж, и ме увериха в своята поддръжка; Ален(*) беше сред тях. Ако помня добре, той сам състави неговия позив. Роже Годман също написа възвание под заглавие “Лауреат на Нобеловата премия в затвора?” Това беше ефектно от негова страна, макар ние да не трептахме на една и съща дължина на вълната: според него скандално беше, че се захващат с един Нобелов лауреат, а не с някой дребен чиновник!

В този ден на семинара на Бурбаки се беше събрала голяма тълпа. Мисля, че там бяха почти всички мои предишни другари и приятели по линията на Бурбаки. Институтът „Анри Поанкаре“ беше задръстен от хорски поток и много стари познати. Срещнах и няколко мои бивши ученици. Радвах се да ги видя отново след близо десет години, но познатите лица бяха толкова много, че очите ми се объркаха в тълпата! Но за сметка на това да изброя колко от тях останаха с мен на края беше лесна работа...

Доста бързо, обаче, стана ясно, че срещата след такава дълга раздяла не е както си я очаквал. Здрави ръкостискания не липсваха, както и възклицания като “Брей, и ти ли си тук! Кой вятър те доведе?”, се чуваха от всички страни. Но някаква смущаваща неловкост се криеше зад възторжените възгласи: може би не споделях моята загриженост? Та нали те бяха тук, за да вземат участие в определена математична церемония; такова събитие се случваше три пъти в годината, и естествено, това занимаваше мислите им. А може би, проблемът беше в мен – като бивши семинаристи, стоящи на високите стъпала на църковната йерархия им беше неуютно присъствието на свещеник, захвърлил расото? Не се заемам да съдя, вероятно роля играеше и едното и другото. От друга страна, не можеше да не забележа как се бяха изменили лицата наоколо – едно време така близки, даже любими. Не виждах в тях предишната живост: като че ли бяха застинали, отпуснати. Имах усещането, че съм сбъркал вратата: обкръжаваха ме напълно чужди хора, с които не можех да имам нищо общо. Мисълта, че ние живеем в един и същ свят, ми изглеждаше странна и непонятна. Търсех поддръжка, отивах при тях, за да срещна братя, а се отзовах пред чужди, странно равнодушни хора. Добре възпитани хора: никой не посмя да ми се надсмива, и, доколкото си спомням, никой не хвърли листовката ми на пода. Може би, даже я прочетоха: от любопитство.

Обаче това съвсем не означаваше, че над жестоката наредба е надвиснала опасността да бъде отменена. Получих обещанията ми пет минути (а може би бяха и десет), за да разкажа за положението на чужденците (а значи, и за много хора, които ми бяха като братя). Залата беше препълнена. Колегите ми пазеха тишина, както при мой пореден доклад. Вероятно, говорех без вдъхновение: не чувах жив отклик от залата, не улавях във въздуха, както навремето, съчувствие и топлина. Явно, много бързат, си казах аз, и се постарях да завърша. И предложих, онези, които се интересуват от проблема, да останат за малко, за да обсъдим ситуацията по-подробно.

Когато обявиха края на заседанието, на изхода се образува тълпа. Очевидно,

всички бързаха – за влака, който скоро тръгваше или за метрото. Не биваше да закъсняват! За минута-две огромната зала опустя – като по чудо, друго не може да се каже... В празната, ярко осветена „Зала Ермит“, заедно с мен и Ален, бяха останали трима души. Третият беше непознат – готов да поспори, един от онези чужденци, за които да се споменава в обществото беше неловко! Само го погледнете: как се промъква в съмнителна компания, и отгоре на всичко – с незаконен статус! Не започнахме да обсъждаме сцената, разиграла се току що пред очите ни: тя си беше достатъчно красноречива. Не е изключено, че от нас тримата, само аз не вярвах на очите си; както и да е, моите приятели тактично се въздържаха от забележки. Очевидно, бях много наивен.

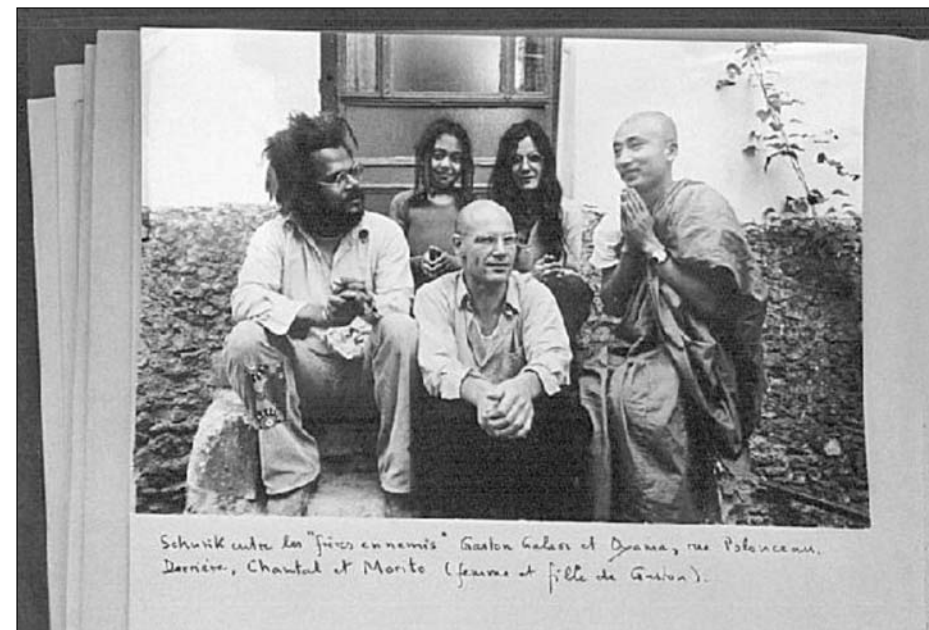
Остатъкът от вечерта прекарахме у Ален и бившата му съпруга Жаклин, обсъждайки ситуацията и какво още може да предприемем. Освен това се опознахме още по-добре, узнавайки нови неща един за друг. Ни тогава, ни след това не се опитах да отнеса тази история към спомените си за миналото. И все пак, в онзи ден аз разбрах без думи, че тази среда, този свят, който познавах и обичах, вече не съществува. Живата топлина на родна атмосфера, която се надявах отново да придобия, беше отнесена от вятъра преди много години, така че беше изчезнала и следата от нея ...

(*) Топлите отзиви, както и реалната помощ, идваха основно от хора, нямали отношение към научните среди. Наред с Ален Ласку и Роже Годман, по онова време бях силно поддържан от Жан Дийодоне. Жан идваше на заседанията на съда в Монпелие, където страстно свидетелстваше в моя защита. Впрочем, както вече казах, моето дело беше предварително обречено на провал.

Бележка на преводача

През 1974 Гротендик е посещаван от будистки монаси (от „японската общност на чудния лотос сутра“, която проповядва строго ненасилие). Един от тях е чужденецът, за когото става дума. Следва описание на процеса от Картие (виж препринта [C], цитиран в статията за Гротендик в тази книжка на списанието): „До процеса съдията беше получил 200 писма в поддръжка на обвиняемия... Гротендик, който държеше да се защитава сам, направи превъзходна плодотворна. След като цитира Сократ, той заключи: „Съден съм по разпоредба от 1942 против чужденците. През войната бях интерниран в името на тази разпоредба, а баща ми умря в нейно име в Освиенцим. Така че не ме е страх от затвор. Ако приложите закона, трябва да ме осъдите на две години строг тъмничен затвор; юридически съм виновен и съм готов да понеса наказанието, което ми се полага. Разбира се, човешки, не се считам за виновен. Съдията трябва да избере: да следва – или буквата на закона, и значи, затвор; – или общочовешките ценности – и да ме освободи.“ ... Уви, съдията се оказа страхливец, както Гротендик и предвиждаше, и го осъди на 6 месеца условно плюс глоба...“

Превод: Б. П.
от „Recoltes et Semailles“, Монпелие, 1986



Александър Гротендик след 1970 г.

Доколкото мога да разчета правилно имената, надписът под снимката гласи: *Шурик между "братята-неприятели" Гастон Галас и Диаман, ул. Полонсо. Зад тях, Шантал и Морито (жената и дъщерята на Гастон)*

РАЗБИРАЕМ ЛИ Е КВАНТОВИЯТ СВЯТ?

А. Стефанов

Около подготовката на експеримента в ускорителя LHC на ЦЕРН край Женева, която започна на 10 Септември 2008 г., в печатните и в електронните медии се изсипаха всякакви страхове и пророчества – главно от неспециалисти в областта на квантовата физика – че ако не цялата Земя, то най-малкото Европа ще бъде погълната от новосъздадена черна дупка. Разбира се, всеки има право да се опасява от проектите на съвременната наука, чиито резултати могат, и в действителност са се използвали, за нехуманни цели. Преди да изпадаме в паника обаче, следва да разбираме онова, което учените се стремят да открият и да им се доверяваме, ако ни липсват познания за това. В посочения случай една от целите, която стои пред тях, е да потърсят и да регистрират „частицата на Бога” – хипотетичния бозон на Хигс, отговорен за съществуването на масите на елементарните частици.

Нямам за цел да коментирам споменатия ключов експеримент. Всеки подобен експеримент се поставя, въпреки поглъщаните от него финансови инвестиции, с оглед на това човечеството да се сдобие с нови знания за устройството на мирозданието. Технологичното развитие на човешката цивилизация сочи, че тези знания носят много повече ползи на обществото, отколкото са вложените ресурси за тяхното достигане. За да опознаваме квантовия свят (света на най-малкото, наричан още микросвят) обаче, ни е необходима добра теория. Съвременната квантова теория, известна като Стандартен модел за микросвета, има за своя основа първата неklasическа теория във физиката – *квантовата механика*. Тя добре описва явленията от микросвета и дава точни предсказания за вероятностното поведение на квантовите обекти.

Квантовата механика е неklasическа теория не само и не толкова защото описва „странното” поведение на неklasическите микрообекти – например един свободен електрон може да „присъства” на безброй различни места в пространството. Тя е неklasическа теория, защото се нуждае от допълнителна *интерпретация* на своя формален език, която да предостави *разбиране за природата на квантовия свят и същностите, които се представят чрез нейния математически апарат*. И тъкмо в това отношение се разгръщат философските дискусии още от самото създаване на квантовата механика в края на 20-те години на миналия век до ден днешен. Именно въпросът за интерпретацията на квантовата механика се превърна в идеен водораздел между схващанията на родоначалниците на тази теория – Алберт Айнщайн и Нилс Бор – относно природата на физическата реалност.

Целта на тази статия е да даде положителен отговор на нейния заглавен въпрос. С други думи, следва да се покаже, че измежду различните схващания за квантовия свят има такова, което е с предимство пред останалите. Това е схващането, че квантовите обекти могат да бъдат теоретично моделирани в четиримерния пространствено-времеви континуум чрез идейните възможности на *4-атомизма*.

Но какво означава, че това схващане има предимства пред останалите? Това означава, че то преодолява концептуалните проблеми, в които останалите схващания се препъват. Намирам, че най-важните от тях са следните пет проблема, които ще разгледам, макар и накратко, но поотделно.

1. 4-атомистичното схващане предоставя естествено обединение между квантовата механика и теорията на относителността

Идейното съвместяване на квантовата механика и теорията на относителността – специална и обща – се посочва като *проблем* пред съвременната теоретична физика. Нямам предвид, естествено, отдавна постигнатото обединение на квантовата механика със специалната теория на относителността, в резултат на което бе създадена квантовата теория на полето. Трудности се появяват, от една страна, с интерпретирането на някои чисто квантови ефекти, като редукцията на вектора на състоянието на една квантова система от гледна точка на принципа за релативистката причинност (инвариантност) (вж. т.3), и от друга, при опитите за обединение на квантовата механика и общата теория на относителността с оглед създаването на обединена теория на четирите природни взаимодействия. Според Брайън Грийн например, „основна цел на съвременната програма за обединение е да съчетае общата теория на относителността и квантовата механика и да опише и четирите взаимодействия с един и същ квантов апарат. Това се оказва една от най-трудните задачи, с които се е сблъсквала теоретичната физика.”¹

Джон Конуей и Симон Кохен, автори на най-новата „ограничителна теорема”, за която ще стане дума по-надолу, твърдят недвусмислено, че:

„Наистина, квантовата механика и общата относителност са били взаимно несъвместими почти през целия си съвместен живот, несъвместимост, която хетеротичната струнна теория разрешава (с голяма трудност) само като променя размерността на пространство-времето!”²

Известно е, че струнната теория, която претендира да е всеобхватна теория („theory of everything”), дава възможност за обединение на четирите природни взаимодействия. Тя съвместява гравитацията с останалите три фундаментални взаимодействия, чийто квантов произход е известен – слабото, ядреното и електромагнитното – и така преодолява несъвместимостта между квантовата механика и общата теория на относителността. Като оставим обаче настрана обстоятелството, че тази теория е все още експериментално не подкрепена, можем да видим, че цената за теоретичния ѝ успех е твърде висока: обединението е постигнато „с голяма трудност”, защото формалният ѝ апарат е твърде сложен и изграден върху допускането за увеличаване на размерността на пространство-времето.

4-атомизмът, от своя страна, постига *обединение между квантовата механика и теорията на относителността по естествен път*, чрез конструирането на чисто релативистичен модел на квантовия обект в четиримерното пространство-време на теорията на относителността. Това схващане е предложено от българския физик Анастас Анастасов,³ като пишещият е също съпричастен към него.⁴ Наречено е „4-атомизъм”,

защото в рамките на този подход микрообектите се квантуват (т.е. дискретизират) не само в тримерното пространство, но и във времето.

Тази хипотеза бе извикана на живот, за да се справи с *непълнотата на квантовата механика*. Но като казвам „непълнота“, тук нямам предвид прочутата теза на А. Айнщайн – предмет на философския му спор с Н. Бор, относно природата на физическата реалност. Имам предвид едно методологично изискване към всяка „добра“ научна теория – да предоставя ясен концепт или теоретичен модел на своя основен предмет на изследване. В случая с квантовата механика, това са квантовите обекти: най-вече това, което наричаме „елементарни частици“, доколкото атомите на веществото са резултат от взаимодействията на някои от тях. Математическият език на квантовата механика, обаче, макар и добре да описва техните *състояния*, както и съвкупността от *квантовите свойства (величини)*, които могат да се наблюдават в условията на всеки предварително планиран експеримент, **не** предоставя възможност за теоретично конструиране в пространството и времето на *собствения си предмет*.

За Н. Бор и В. Хайзенберг – бащи на Копенхагенската интерпретация на квантовата механика – и за техните последователи отбелязаният пропуск не се възприема като методологичен дефект, поради феноменалистката настроеност на Копенхагенската интерпретация, организирана около идейното ядро на принципа на допълнителността. Съвременните теоретици, поддръжници на струновите теории, не следват указанията на тази (известна още като Ортодоксална) интерпретация, а се придържат към изискването за конструиране на теоретичен модел на квантовия обект. Но както вече бе споменато, тяхната изследователска програма плаща високата цена на своя абстрактен формален апарат.

В това отношение 4-атомизмът има предимство. То се изразява във факта, че моделът на квантовия обект – например на един електрон, се слобява от вече известни, основни теоретични компоненти на теорията на относителността и на квантовата механика: тензора на енергията-импулса (познат още и като тензор на материята, а според Анастасов – „Тензор на релятивисткото действие“) от първата, и квантуването на действието (въвеждането на кванта действие) от втората теория. Тези две идеи позволяват едно квантово-тензорно представяне на електрона. Той се структурира чрез *генерация от квантони* – четиримерни свръхкратко живущи частици, които се появяват и „мигновено“ изчезват с характерен за тях период в цялото, предоставено на електрона четиримерно пространство, и чието (четиримерно) разпределение се задава от неговата вълнова функция.

2. В „парадокса“ на Айнщайн-Подолски-Розен (АПР-парадокса) няма нищо парадоксално

Така нареченият АПР-парадокс е формулиран от Айнщайн, Подолски и Розен в тяхната известна статия „Може ли квантовомеханичното описание на физическата реалност да се смята за пълно?“. Макар че статията излиза още през 1935 г., същността на този типично квантов ефект е предмет на продължаващи дискусии и до ден днешен.

Айнщайн и неговите двама съавтори посочват, че ако една квантова система се състои от две подсистеми, то независимо от обстоятелството, че те могат да се намират в раздалечени области от пространството, ако описанието на системата чрез вълновата функция е пълно, то всяко наблюдение върху първата подсистема ще предизвиква някаква мигновена физическа промяна у втората подсистема. Това мигновено въздействие върху последната, предизвиквано без пряка физическа намеса върху нея, Айнщайн нарече „*призрачно въздействие на разстояние (spooky action at a distance)*“ и – тъй като интуитивно го отхвърля като **невъзможно** – стигна до извода за непълнотата на квантовата механика.

Днес вече е изяснено, че такова мигновено „призрачно въздействие“ е факт. Но то продължава да предизвиква недоумения, защото: първо, е в нарушение на релятивистката причинност, и второ, механизмът му е все още неизяснен. *4-атомизмът обаче хвърля ясна светлина и върху двете посочени затруднения.*

Вярно е, че така наречената релятивистка причинност се нарушава, щом събитията в двете квантови подсистеми не са свързани с хроноинтервал (времеподобен интервал в 4-мерното пространство). Грешката на Айнщайн е, че той интуитивно не иска да приеме тъкмо нейното нарушаване. Последното обаче не означава, че се зачерква значението на самата идея за причиняване, защото повлияването на втората подсистема от измерване, извършено върху първата, е предизвикано от промяната в разпределението на *общата* генерация от квантони, характерна за цялата квантова система, за която се предполага да има свое собствено време. Това е така, понеже тя се определя от общата функция на състоянието на пълната система, която (по определение) има свое собствено време. Затова и прегрупирането на генерацията по определен начин след наблюдение върху първата подсистема, се отразява **мигновено(!)** и върху втората.

3. Осмисляне на валидността на „ограничителните теореми“

Става дума за такива математически резултати, съгласно които поведението на квантовите обекти не би могло да се представи *по принцип* като форма на движение в тримерното пространство, аналогична с движението по траектория на телата от заобикалящия ни свят. С други думи, присъствието на електрона в пространството не може да се представи като зримия летеж на футболната топка над игралното поле.

Тези математически резултати са известни като теореми, доказващи невъзможността за въвеждане в теорията на *скрити параметри от класически тип*, които да доближат динамиката на квантовите обекти до обичайните човешки представи за промяна на местоположението в пространството. Заради изясняването на тази невъзможност наричам тук тези резултати „ограничителни теореми“. Може би най-известната от тях е теоремата на британския физик Джон Бел, доказваща, че никоя теория с *локални* скрити параметри не може да предсказва поведението на квантовите обекти, което да е в съгласие с предсказанията на квантовата механика. Тази теорема, известна още като нарушаване на неравенствата на Бел, е публикувана от него през 1964 г.⁵ Но 32 години преди този резултат Джон фон Нойман вече бе установил, че не могат да съществуват

квантовомеханични ансамбли без дисперсия.⁶ Тук е любопитно да вметна, че коректният математически извод на прочутите релации за неопределеност на В. Хайзенберг се основава тъкмо на дисперсиите на величините, сиреч те имат чисто статистическо тълкуване. Иначе казано, още от теоремата на фон Нойман следва, че „движението” на квантовите обекти не може да бъде описано – по принцип – като *преместване на материална частица в пространството* по класическа траектория. Последната е несъвместима с математическия формализъм на квантовата механика.

Най-новата ограничителна теорема в този дух е така наречената „теорема за свободната воля” на Конуей и Кохен.⁷ Тук няма да коментирам философски аспекти на тази теорема, засягащи разбирането за свободна воля. Отбелязвам само нейното послание, което в случая ме интересува. То е, че никоя теория на свободното състояние (free state theory), т.е. такава теория, която описва еволюцията на една система от първоначално произволно, „свободно” състояние, и която предоставя механизъм за редукция на квантовото състояние, не може да бъде релативистично инвариантна.

4-атомизмът предоставя пълно обяснение за валидността на „ограничителните теореми”. По-точно казано, тази концепция предоставя тяхната онтологична опора. Некласическото представяне на квантовите обекти, както вече бе пояснено, се основава на конструирането на техен квантов тензорен модел (вж. т.1). Неговият физически смисъл се състои в структурното описание на динамиката на генерации от квантони в четиримерното пространство-време.

Ако обвързаните с вълновата функция на състоянието квантони се интерпретират като „скрити параметри”, то, първо, тези параметри *не са локални*, и, второ, те са „рандомизирани”. Това обяснява валидността на теоремите на фон Нойман и на Бел. Освен това, изграденият чрез тях теоретичен модел на квантовия обект изяснява причината за валидността на теоремата за свободната воля на Конуей и Кохен. Това е така, защото 4-атомизмът представя пространствено-времево, но не и релативистично каузално обяснение на редукцията на функцията на състоянието. Това обяснение почива върху идеята, че всяко устройство, използвано за измерването на определена квантова величина, е във физично отношение „капан”, улавящ генерацията от квантони в своята област от тримерното пространство, а в математически смисъл е пространствен обем, по чиято повърхност функцията на състоянието се анулира. Така например, ако свободен електрон бъде локализиран в малък пространствен обем, то неговата генерация от квантони мигновено ще се преинсталира от цялото предоставено ѝ пространство в тесния миров канал на регистриращия уред. Това обяснява и мигновения характер на прочутата редукция на вълновата функция на състоянието.

Накратко казано, 4-атомизмът предоставя онтологично осмисляне на валидността на „ограничителните теореми” чрез своето разбиране за физическата реалност на квантовите обекти.

4. Осмисляне на квантовото състояние на Вселената

Въвеждането на концепта за квантово състояние на Вселената стана възможно

при опитите за интерпретация на квантовата механика от страна на едно *ново поколение теоретици*, гледащи на Ортодоксалната интерпретация, иницирана от Н. Бор и В. Хайзенберг, извън обсега на техния колкото безспорен, толкова и патерналистки авторитет. В този смисъл мога да кажа, че известни учени с доказани заслуги към теоретичната физика и космологията, като например Стивън Хокинг и Роджър Пенроуз, а така също и Нобелови лауреати като например Мъри Гел-Ман, не застават зад идеите на Копенхагенската интерпретация. Според Гел-Ман:

„Когато е била формулирана за пръв път от изследователите си, квантовата механика често е била представяна по любопитно ограничителен и антропоцентричен начин, както нерядко се прави и до днес... Тази първоначална интерпретация на квантовата механика, ограничена до многократно повтаряни експерименти, изпълнявани от външни наблюдатели, е прекалено частна, за да бъде приемлива днес като фундаментална същност – особено след като *става все по-ясно, че квантовата механика трябва да е приложима към цялата Вселена*... Ясно е, че за описанието на Вселената е необходима значително по-обща интерпретация на квантовата механика, тъй като в този случай не съществува нито външен наблюдател и съответно апаратура, нито възможност за повторение или за наблюдаване на много копия на Вселената” (к.м. – А.С.).⁸

Но ако „става все по-ясно, че квантовата механика трябва да е приложима към цялата Вселена”, то от тук произтичат два методологични извода.

Първият е свързан с осмислянето на приложимостта на квантовата теория към света. Основоположници на тази теория като Нилс Бор и Ервин Шрьодингер са смятали, че квантовата механика е приложима към света на малкото, към микросвета, докато към заобикалящия ни свят – към така наречения макросвят или мезокосмос – е приложима класическата детерминистична физика. Именно това схващане роди прочутия парадокс на котката на Шрьодингер, която би следвало да се намира в суперпозиция от състояния на живо и на мъртво животно. Новите теоретици спасяват котката от тази неестествена суперпозиция, поради настъпването на декохеренция в резултат от взаимодействието на котката с външния свят. При това положение обаче, една „по-обща интерпретация на квантовата механика” трябва да отговори на въпроса как квантовите закономерности преминават в квазикласическите закони на макросвета.

Вторият извод, който тук предизвиква нашия интерес, е положението, че щом квантовата теория е приложима към света като цяло, а не само към негова градивна под-структура (микросвета), то налага се да бъде теоретизирана идеята за *квантово състояние на Вселената*.

Сродна на идеята на Хю Евърет III за интерпретацията на квантовата механика чрез разслояването на Вселената на много светове, квантовото състояние на Вселената е свързано с допускането за много алтернативни истории на Вселената. Това допускане е разгръщане на идеята на нобеловия лауреат Ричард Файнман за интегриране по възможните пътища, определящи динамиката на една квантова система.

„Идеята, че Вселената има многочислени истории,” – пише Стивън Хокинг – „може да звучи като научна фантастика, но тя е възприета сега като научен факт... Работата

ни сега е да комбинираме Айнщайновата обща теория на относителността и Файнмановата идея за многочислени истории в една пълна единна теория, която ще опише всичко, случващо се във Вселената.”⁹

Самото понятие за квантово състояние на Вселената е твърде сложно и изисква привличането на не по-малко сложните представи за „дребнозърнести” и „едрозърнести” истории на Вселената.¹⁰ От своя страна, 4-атомизмът предоставя своя гледна точка за осмислянето на разглежданото ключово понятие. Неговите теоретични рамки позволяват такова концептуално преразглеждане на смисъла на вълновата функция на състоянието на квантовия обект, което отговаря на необходимостта от посочения от новите теоретици преход от Ортодоксалната към една съвременна интерпретация на квантовата механика.

Преразглеждането на смисъла на вълновата функция на състоянието, която има основна роля в 4-атомизма, е по същество доразвиване на идеята на Де Бройл, който още през 1924 г. аташира съответна дължина на вълната към всеки квантов обект, с цел адекватно описание на наблюдаваното му опитно поведение. Преосмислянето на де Бройловската вълнова функция е по посока на доизясняване на нейния референт. Ако в стандартното си разбиране тя се отнася до динамиката на отделен квантов обект, то според 4-атомизма на нея се гледа не по традиционния начин, като на функция в четиримерното пространство-време, а като на функция на състоянието на *самото пространство-време* в качеството му на основна реалност. Тогава става естествено разбираемо, как и защо предоставеният на един свободен електрон обем съвпада с обема на цялата Вселена.

5. Реалистка интерпретация на квантовата механика.

Ако се приема, че реалистките интерпретации на квантовата механика са за предпочитане пред анти-реалистките, и в частност пред субективистките интерпретации, то 4-атомизмът има предимство и в това, типично философско отношение. Така например, според споменатите вече автори на „теоремата за свободната воля”:

„Първо ние отхвърляме идеята, все още в обръщение в популярните обяснения, макар и отдавна обезценена от повечето физици, че съзнаващият ум е необходим за редукцията (на вълновата функция – А.С.). Достатъчно би било да се каже, че никога не е имало факти за това мнение, което възникна само от трудността за разбиране на редукцията, но никога не е помагало за разрешаването на този проблем. Свидетелството срещу него е очевидният *Проблем за съгласуването (Concordance Problem)* – ако редукцията е в съзнанието на наблюдателя, как става така, че редукциите, произведени от различни наблюдатели са едни и същи ?”¹¹

По мое мнение, не само Проблемът за съгласуването стои като препятствие пред схващането, че съзнанието е онзи действителен агент, който предизвиква редукцията, а оттук и появата на физичните свойства на квантовите обекти. Не по-малко предизвикателство пред това „мнение” е и обстоятелството, че редукции на квантови състояния се случват и без пряко участие на нечие съзнание. Такъв е например естественият разпад на радиоактивни атоми, когато никой не ги „наблюдава”.

Тук нямам за цел да критикувам схващането за активната роля на съзнанието в осъществяването на квантовите измервания. Това схващане обикновено придобива по-завършен вид, когато някои автори го съчетават било с източни мистични учения, било със субективистки версии на Антропния принцип. Затова и започнах настоящата точка с твърдение в условна форма. В този смисъл, за ценителите на философския реализъм 4-атомизмът е приемлива интерпретация на квантовата теория. Това е така поради две причини.

Първо, както вече знаем, механизъм на редукцията на функциите на състоянието на квантовите обекти е изграден изцяло на реалистка основа: мигновената редукция е преустройство на генерация от квантони при промяна на граничните условия на предоставения им обем (вж. т.3). И второ, самата философска основа на 4-атомизма е реалистка, защото той потегля от допускането за първичната реалност на пространство-времето. Аргументите за това обаче биха увеличили страниците на настоящата статия по посока на друга, макар и не по-малко интересна тема.

След оценката на петте предимства на 4-атомизма като схващане за природата на квантовия свят би следвало да дадем положителен отговор на заглавния въпрос.

Бележки

1. Грийн, Брайън, *Тъканта на космоса. Пространство, време и текстура на реалността*. Изд. „Изток-Запад”, С., 2005, с.433-4.
2. Conway, John and Simon Kochen, “The Free Will Theorem”, *arXiv:quant – ph/0604079v1* 11Apr 2006, p.9.
3. Вж. статиите на Anastas Anastassov под заглавия “Relativity and Quantization” (RQ), RQ I, RQ II, RQ III, RQ IV, RQ V, RQ VI, RQ VII, съответно в *Nuovo Cimento* **14 B**, 1973, pp.52-56; **17 B**, 1973, pp.94-98; **17 B**, 1973, pp.99-104; **21 B**, 1974, pp.151-154; **21 B**, 1974, pp.155-156; **26 B**, 1975, pp.326-334; Анастасов, Анастас, *Теорията на относителността и кванта действие (4-атомизъм)*. ИК НАУТИЛУС, С., 2003.
4. Anastassov, A., A. Stefanov, “On the Interpretation of Quantum Mechanics: Complementarity and Beyond”, in: Chr. Tögel (Hrsg.), *Struktur und Dynamik wissenschaftlicher Theorien*. Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main. Bern. New York, 1986, pp.65-90.
5. Bell, John S., “On the Einstein Podolsky Rosen Paradox”, *Physics*, **1** (1964), pp.195-200.
6. Von Neumann, J., *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Springer, Berlin, 1932.
7. Conway, John and Simon Kochen, *op. cit.*
8. Гел-Ман, Мъри, *Кваркът и Ягуарът. Приключения в простото и в сложното*. Изд. „Прометей – И.Л.”, С., 2006, с.200-201.
9. Хокинг, Стивън, *Вселената в орехова черупка*. Изд. „Прометей – И.Л.”, С., 2002, с.80.
10. Вж. Гел-Ман, Мъри, *цит. съч.*, с.210-213.
11. Conway, John and Simon Kochen, *op. cit.*, p.25.

100 ГОДИНИ ОТ РОЖДЕНИЕТО НА АКАДЕМИК Н. Н. БОГОЛЮБОВ

На 7.10.2009 г. беше отбелязана 100-годишнината от рождението на бележития руски учен - физик, механик и математик Николай Николаевич Боголюбов. Тържественото събрание се състоя в аулата на Софийския университет "Св. Климент Охридски". Честването беше организирано от Българската академия на науките, Софийския университет "Св. Климент Охридски", Съюза на физиците в България и Агенцията за ядрено регулиране. За участие в честването бяха поканени гости от Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) – Дубна, където дълги години е работил Н. Н. Боголюбов. Представители на Дубна бяха проф. Павел Боголюбов, син на Н. Н. Боголюбов и чл. кор. на РАН Григорий Ширков. Бяха изнесени следните доклади:

1. Проф. Николай Тончев (ИФТТ) – "Н. Н. Боголюбов и статистическата физика";
2. Чл. кор. Чавдар Стоянов (ИИЯЕ) – "Н. Н. Боголюбов и ядрената физика";
3. Акад. Иван Тодоров (ИИЯЕ) – "Н. Н. Боголюбов и квантовата теория на полето";
4. Чл. кор. на РАН Григорий Ширков – "Н. Н. Боголюбов и Дубна";
5. Проф. Павел Боголюбов – "За баща ми и семейството ни".

Н. Н. Боголюбов е роден на 21.08.1909 в Нижни Новгород в семейството на известния теолог Н. М. Боголюбов. Майка му е била учителка по музика. Семейството на Н. Н. Боголюбов е с подчертано интелектуални наклонности. Двамата му братя също стават крупни учени – математик и лингвист.

Н. Н. Боголюбов е ранозрял в интелектуално отношение младеж. Първия си научен труд е публикувал през 1924 г., т.е. едва 14 годишен. Първоначално той работи в областта на теоретичната физика. През 1946 г. създава микроскопическата теория на свръхфлуидността и свръхпроводимостта. В края на 40-те години на миналия век Н. Н. Боголюбов работи в един от най-сложните раздели на теоретичната физика – квантовата теория на полето. Сред най-важните резултати, получени от него, са аксиоматическата теория на матрицата на разсейване, строго доказателство на дисперсионните съотношения и др.

От 1956 г. до края на живота си Н. Н. Боголюбов работи в Обединения институт за ядрени изследвания в Дубна. Той е основател и пръв директор на Лабораторията по теоретична физика в ОИЯИ, носеща сега неговото име. От 1965 г. Н. Н. Боголюбов е директор на ОИЯИ.

Големите заслуги на Н. Н. Боголюбов за теоретичната физика са световно признати. Част от тези резултати носят неговото име – преобразование на Боголюбов, метод на Хартри-Фок- Боголюбов и т.н. Отчитайки големите приноси на Н. Н. Боголюбов към световната и руската наука, премиерът на Русия, Вл. Путин, е издал указ 2009 г. да се отбелязва в Русия като година на Н. Н. Боголюбов.

У нас работи не малка група от ученици и даже съратници на Н. Н. Боголюбов. Друга, също немалка група от учени, използва и развива интензивно методите предложени от Н. Н. Боголюбов. Проведеното тържествено събрание беше израз на преклонение пред таланта на големия учен и благодарност към възможността да се докоснем до една изумителна личност.

(В следващата книжка на „Светът на Физиката“ четете:
Д. В. Ширков – Спомени за Николай Николаевич Боголюбов)

ФИЗИКА НА КОНКУРЕНЦИЯТА И КОНФЛИКТТЕ

О. Йорданов

„Звучи като прекрасен фарс“ ми отговаря по Skype млад физик, когато през есента на 2008 му пиша, че КОСТ програмата към Европейската комисия е решила да финансира Акция МР0801 "Физика на конкуренцията и конфликтите". Младият физик е докторант в голям изследователски университет в САЩ и вече има изградено мнение какво е наука и какво не е. Разбира се, науката се „прави“ с тънки и добре контролирани експерименти, теория основана на първи принципи, и широко-машабни симулации, извършвани в наше време, като правило, на суперкомпютри. Но даже и във физиката, все още има области, където прецизни експерименти са трудни, първи принципи не дотам известни, а симулациите непосилни даже и за най-мощния компютър. В социалните науки условията за изследвания са несравнимо по-тежки и не така „чисти“. Но това не е причина да се подлага на съмнение използването на подходи и методология, направили физиката най-успешното начинание в човешката история. И да не се опитаме да ги „предоставим под наем“ на други дисциплини.

На тази писта математиците имат почти век преднина. (Ако, разбира се, приемем за неоспорима и невъзвратима, настъпилата в началото на XX век по думите на В. Арнолд пагубна "схизма" между математика и физика.) Достатъчно е да отбележим, че в университетските програми трайно присъстват курсове по математическа икономика на всички нива: бакалавърско, магистърско и докторантско. Математиците са привнесли в икономиката много от езика и стила си; например, в икономически статии е обичайно да се доказват теореми и предложения. От друга страна решаването на икономически задачи е обогатило математическия арсенал и особено в областта на статистиката. Последното е най-видно, ако човек отвори учебник по иконометрия или теорията на масовото обслужване.

От друга страна, даже и преди финансовата катастрофа редица водещи учени са изразявали неудовлетворение от методите, използвани за оценка и управление на световната икономика и финанси. Основните възражения са срещу прекалено идеализирания подход, позволяващ да се формулират изящни твърдения и теореми, които обаче не позволяват да се прогнозира критично важни процеси и събития нито предоставят ясни и полезни рецепти за управление на обществено-икономическия живот и развитие. Финансовата криза, ударила през есента на 2008, постави с особена острота проблема за създаване на по-адекватни и ефективни финансови методи и изграждането на икономиката, а и другите социални дисциплини като достойни членове на точните емпирични науки. Един кратък списък от публикации, появили се както в специализираните професионални издания, а така и в пресата, призоваващи към изследвания в тази насока и адекватното им финансиране, е представен в литература [1-5].

Основната причина, поради която идеализираните математически модели са

неудовлетворителни, се корени в самата същност на икономическите активности и социалните процеси. А именно, те се формират от голям брой "свободни деятели" с разнообразни интереси при различни нива на рационалност, адаптивност и компетентност. Поради това процесите имат сложно, подобно на хаотично, поведение, за което не може да се очаква да се намери функция, позволяваща „универсално“ описание. Подобни в това отношение са условията, с които се сблъскват физиците, изследващи многочастични и многокомпонентни системи от нано- до мезо-машаби. На специализиран език, това са състояния, формирани при нелинейни и колективни процеси с висока степен на стохастичност и шум. За описанието на тези състояния през последния около половин век във физическите науки беше създаден и развит изключително богат арсенал от успешни методи, основаващи се на следствия от съществуващи симетрии, качествени методи и асимптотични оценки, числени алгоритми и не на последно място компютърни симулации. Ето защо се счита, че за постигане на едно ново качество на икономиката и другите социални науки, методите, разработени във физическите науки, ще имат съществен принос. От ключово значение е и съвместната работа между физици и представителите на социалните науки.

Това не са просто очаквания. Финансирането на COST акцията MP0801 "Физика на конкуренцията и конфликтите" от ЕК е предпоставена от напредъка, който в последните години беше постигнат от физиците в разбирането на поведението на системи от свободни деятели, свързани помежду си в сложни мрежи на взаимодействия и обмен. По същество това представлява обобщение на методите на статистическата физика и стохастичните процеси с приложения в моделирането на конкуренцията между фирми, сливания и поглъщания на компании. По-доброто количествено разбиране на тези процеси ще предостави инструменти, позволяващи по-добра обществена организация, стабилност и устойчиво развитие.

Успешните изследвания на физиците, самостоятелно и в сътрудничество с колеги от социалните науки, дадоха основание да се говори за възникването на две нови дисциплини: иконофизика и социофизика [6-10]. От активността, интелигентността и изобретателността на сегашното и бъдещите поколения физици ще зависи дали тези дисциплини ще получат подобаващото им се място в човешкото знание.

Целта на КОСТ Акцията MP0801 е не директно да финансира изследвания, а да стимулира дискусии и анализи на границата между физическите и обществените науки, предоставяйки ново поле, където учените ще могат да предложат нови изследователски перспективи и проекти по тези важни интердисциплинарни теми. Първата среща-конференция на участниците в акцията се състоя в Рим през май 2009, информация за темите и резюмета на изнесените доклади може да се поиска от автора на и-мейл адрес: second.meetingmp0801@gmail.com Председател на международния управителен съвет е проф. Питър Ричмонд, Ирландия.

Координатори на акцията от българска страна са д.м.н. Н. Витанов от института по механика на БАН и авторът. В изследванията се включиха редица млади колеги от много институти, университети и държавни институции. Радостно е, че Фондът „На-

учни изследвания" към МОМН взе решение да съфинансира част от тези перспективни изследвания. За активността на екипа от български учени свидетелства и фактът, че управителният съвет на Акцията взе решение Втората годишна среща-конференция да се състои в България, 26-30 май, 2010, хотел „Есперанто“, „Слънчев бряг“. Използваме трибуната на „Светът на физиката“ да поканим и други колеги с интереси в това по-прище. Подробна информация може да се намери на уебстраницата на конференцията: <http://sites.google.com/site/costmp08012010annualmeeting/>

[1] M. Buchanan, This Economy Does Not Compute, *New York Times*, 1 Oct. (2008).

[2] Editorial: A model approach: More development work is needed to help computer simulations inform economic policy, *Nature*, vol. **460**, p. 667, (2009).

[3] M. Buchanan, Meltdown modeling: Could agent-based computer models prevent another financial crisis? *Nature*, vol. **460**, p. 680, (2009).

[4] J. Dooyne Farmer and Duncan Foley, The economy needs agent-based modeling, *Nature*, vol. **460**, p. 685, (2009).

[5] P. Krugman, How Did Economists Get It So Wrong?, *New York Times*, 2 Sep. (2009).

[6] R. Mantegna, H. E. Stanley, An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance, *Cambridge University Press* (Cambridge, 1999)

[7] J. D. Farmer, M. Shubik, and E. Smith, Is Economics the next physical science?, *Phys. Today*, vol. **58**, p. 37, (2005)

[8] S. Galam, Sociophysics: a personal testimony, *Physica A*, vol. **336**, p. 49, (2004).

[9] Р. Дюлгерова, Нова книга на наши колеги, с много достойнства. Светът на физиката, кн. 3, ст. 350, (2009).

[10] Н. Витанов, З. Димитрова, С. Панчев, Социална динамика без формули", Изд. "Марин Дринов", (2008)

След като в нашата страна се разгоря истинска „научна“ дискусия, касаеща житните кръгове, които пък били свързани с махатмите от Шамбала, телепатичната връзка с тях и съответните препоръки, направени от тези извънземни (като изрязват сложни диаграми в житните поля), редколегията на списание „Светът на физиката“ реши да даде своя принос като предостави думата на един безспорен авторитет – Карл Сейгън.

ПРИШЪЛЦИТЕ

К. Сейгън

Това, колко скромни са нашите очаквания за „пришълците“ и колко неясни са критериите за достоверност, които мнозина от нас са склонни да приемат, личи много ясно в сагата с „житните кръгове“. Нещо повече от странно се зароди във Великобритания и се разпространи по целия свят.

Фермери и случайни минувачи започнаха да откриват кръгове (а през следващите години и много по-сложни пиктограми), отпечатани в насаждения от пшеница, овес, ечемик и рапица. Тръгвайки от прости кръгове в средата на 70-те години на XX в., феноменът се развиваше от година на година и края на 80-те и началото на 90-те години – полята, особено Южна Англия, бяха украсявани с огромни геометрични фигури, някои с размерите на футболно игрище. Те бяха отпечатани в посевите преди жътва – допиращи се или свързани с прави оси кръгове, от които тръгват успоредни линии, „инсектоиди“. Някои от фигурите включваха централен кръг, заобиколен от четири симетрично разположени по-малки кръга – очевидно, както някои веднага заключиха, останали от летяща чиния и нейните четири подпори.

Измама? Невъзможно – заключиха почти всички. Регистрирани са стотици случаи. В някои случаи фигурите бяха създадени само за час-два посред нощ, като при това имаха *толкова* големи размери. Нямаше стъпки от предполагаеми шегаджии, които да водят към или от пиктограмите. И освен това, какъв би бил възможният мотив за подобна фалшификация?

Бяха предложени и много не толкова конвенционални предположения. Хора с някаква научна подготовка изследваха местата, формулираха теории, основаха цели списания, посветени на тази тематика. Дали фигурите бяха създадени от странни завихряния на въздуха, наречени „колони вихри“, или може би от други, още по-странни – „пръстеневидни вихри“? А какво да кажем за кълбовидните мълнии? Японски изследователи се опитаха да симулират – в по-малки мащаби и лабораторни условия – плазмената физика, която според тях се проявяваше в покрайнините на Уилтшайър.

Но тъй като житните фигури непрекъснато се усложняваха, метеорологичните и електрическите обяснения ставаха все по-пресилени. Очевидно те бяха дело на извънземни, които се опитват да общуват с нас на някакъв геометричен език. А може би трябва да предположим ръката на дявола или пък многострадалната земя се оплакваше

от причинените от човека опустошения. Туристи – последователи на течението Ню Ейдж – идваха на тъпци. Екипирани с аудиокасетофони и прибори за нощно виждане ентузиастично организираха целенощни бдения. Печатните и електронни медии от цял свят следяха безстрашните „кръголози“. Възхитената и развълнувана публика си купуваше бестселъри, в които се разказваше за извънземните вандали по посевите. Вярно, нито една летяща чиния не беше засечена да каца в полята и създаването на нито една от фигурите не беше филмирано. Но багетистите удостовериха техния неземеен произход, а екстрасенсите влязоха в контакт с отговорните за това същества. В кръговете беше регистрирана „оргонна енергия“.

В английския парламент бе повдигнат въпросът за необичайните явления. Кралското семейство повика за специална консултация лорд Соли Цукерман, бивш главен съветник по въпросите на науката в Министерството на отбраната. Появиха се твърдения, че са намесени духове, малтийските рицари-тамплиери или други тайни общества. Споменаха се и сатанистите. Министерството на отбраната се опитваше да потули всичко. Няколко не особено успешни и елегантни кръга бяха изтълкувани като опити от страна на военните да отклонят обществеността от върнатата следа. Жълтата преса си направи пикник сред природата. „Дейли Мирър“ нае един фермер и неговия син да направят пет кръга с надеждата, че ще успее да примамим конкурентния таблоид „Дейли Експрес“ да отрази събитието. Поне в този случай „Експрес“ не се хвана.

Появиха се „кръголожки“ организации, които по-късно се разцепиха. Съпернически си групи си изпращаха едни на други заплашителни пасквили. Чуваха се обвинения в некомпетентност и други, дори по-лоши прегрешения. Броят на „житните кръгове“ се увеличи на хиляди. Явлението се разпространи в Съединените щати, Канада, България, Унгария, Япония, Холандия. Пиктограмите – особено по-сложните сред тях – все по-често се появяваха в теории за чуждоземни посещения. Търсеха се пресилени връзки с „лицето“ на Марс. Един мой познат учен ми написа, че в тези фигури е скрита изключително сложна математика, която би могла да бъде обяснена единствено с повисш интелект. Всъщност имаше едно нещо, в което почти всички конкуриращи се „кръголози“ бяха единодушни – по-късните фигури в полята бяха твърде сложни и елегантни, за да се дължат просто на човешка намеса, камо ли на някакви немарливи и безотговорни фалшификатори. Още от пръв поглед си личеше извънземният разум...

През 1991 г. Дъг Бауър и Дейв Чорли – двама чичовци и Саутхемптъп – обявиха, че правят кръгове вече 15 години. Измислили го една вечер на по халба тъмна бира в любимата си кръчма „Пърси Хобс“. Забавлявали се от съобщенията за появи на НЛО и решили, че ще бъде забавно да метнат лековерните ентузиастични. В началото огъвали класовете с тежкия стоманен прът, който Бауър използвал като резе за задната врата своя магазин за рамки. По-късно започнали да използват въжета и дъски. Първите опити им отнемали по няколко минути. Но тъй като били непоправими шегаджии и освен това сериозни творци, скоро предизвикателството ги запалило. Постепенно започнали да правят все по-сложни и трудни фигури. В началото сякаш никой не ги забелязвал. Немало отзиви в медиите. Племето на НЛО-лозите пренебрегвало техните произве-

дения. Били ги докарали до ръба да се откажат от житните кръгове и да се захванат с някаква друга фалшификация, която да носи повече емоционално удовлетворение.

Внезапно житните кръгове подействали. НЛЮ-лозите захапали въдицата. Бауър и Чорли били във възторг – особено когато разни учени и други подобни заложили репутацията си, че в случая не става дума за обикновен човешки интелект. Дватама планирали всяка нощна екскурзия много внимателно – понякога в съответствие с подробни, нарисувани с водни бои диаграми. Внимателно следели различните тълкуватели. Когато един местен метеоролог заключил, че става дума за някакъв вихър – тъй като всички класове били полегнали по посока на часовниковата стрелка – Бауър и Чорли решили да го обърнат, като направили нова фигура, в която класовете във външния пръстен били съборени обратно на часовниковата стрелка.

Скоро в Южна Англия и на други места започнали да се появяват нови фигури, очевидно дело на подражатели. Бауър и Чорли изрязали в пшеницата ответно съобщение: „НИЕНЕСМЕСАМИ“. Дори и това било прието като истинско извънземно послание (въпреки че щеше да е по-добре да гласи „ВИЕНЕСТЕСАМИ“). Дъг и Дейв започнали да подписват своите произведения с две Д-та. Дори и това било приписано на загадъчни извънземни. Нощните изчезвания на Бауър събудили подозренията неговата съпруга Илейн. Една нощ тя придружила двамата, а следващата сутрин „се присъединила“ към лековерните почитатели на тяхната работа, убедена, че поне в това отношение отсъствията на нейния съпруг са невинни. В крайна сметка Бауър и Чорли се уморили от все по-усложняващата се шега. Макар и в прекрасно физическо състояние, те били прехвърлили шестдесетте и били малко остарели за нощни командоски операции в нивите на непознати и често враждебни фермери. А може би се били подразнили от славата и богатството, станали достояние на други хора, които просто фотографирали тяхната работа и я обявявали за дело на извънземни. Освен това се разтревожили, че – ако почакаят още малко – вече никой нямало да повярва на техните изявления.

И така, те си признаха. Показаха на репортерите как са създавали дори и най-сложните инсектоидни фигури. Може би ще си помислите, че никой вече не би твърдял, че е невъзможно да има трайна, продължила години наред фалшификация. Или че няма да чуем никога повече, че няма човек, който да е мотивиран да залъгва лековерните и да ги кара да вярват в съществуването на извънземни. Медиите обаче не им обърнаха голямо внимание. Кръголозите ги призоваха да го дават по-полека. И в крайна сметка те лишаваха много хора от удоволствието да си представят, че има чудеса.

Оттогава насам други автори на житни кръгове продължиха традицията, но в повечето случаи по-непоследователно и не толкова вдъхновено. Както обикновено, признатата измама до голяма степен се загуби в ефекта от първоначалното вълнение. Много хора са чували за пиктограмите в житните култури и тяхната предполагаема връзка с явлениято НЛЮ, но мигат неразбиращо, когато се споменат имената на Бауър и Чорли и дори само възможността цялата тази работа да е фалшификация.

Появи се едно информативно експозе, чийто автор е Джим Шнабел („Обикаляйки

в кръг“, „Пингуин Букс“, 1994) и от което съм почерпил повечето от изложената тук информация. Шнабел рано се присъединява към кръголозите и към края успява сам да направи няколко успешни пиктограми. (Той предпочита градинарски валяк пред традиционната дъска и открива, че и простото стъпкване на класовете с крака също върши работа.) Но работата на Шнабел, която един рецензент нарече „най-забавната книга, която съм чел от много години насам“, имаше сравнително скромнен успех. Демоните продават. Измамниците са скучни, а освен това са проява на лош вкус.

Овладеяването на принципите на скептицизма не изисква научна степен – това е доказано на практика от успелите търговци на автомобили на старо. Цялата идея на демократичното прилагане на скептицизма се свежда до това, че всеки трябва да разполага с основните средства да оценява адекватно и конструктивно претенциите за познание. Всичко, за което призовават учените, е да използваме същото ниво на скептицизъм, което прилагаме, когато купуваме кола на старо или съдим за качествата на аналгетиците или бирата въз основа на рекламите и телевизията.

Но инструментите на скептицизма остават до голяма степен недостъпни за гражданите на нашето общество. Въпреки че скептицизмът непрекъснато се поражда от разочарованията в ежедневието, неговите инструменти почти никога не се споменават в училище, дори и в часовете по наука – техният най-активен ползвател. Нашата политика, икономика, реклама и религии (нови и стари) тънат в лековерие. Един скептик може да заключи, че хората, които искат да продадат нещо или да повлияят на общественото мнение, или тези, които са на власт, имат запазени интереси в обезкуражаването на скептицизма.

(Материалът е взет от книгата „Свят, населен с демони“, ИК „БАРД“ ООД, 2009, с. 98-103; за самата книга вж. „Светът на физиката“, кн. 4, 2009, стр. 474)

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

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

ФИЗИКАТА И ЖИВОТЪТ ОКОЛО НАС

Р. Конова, В. Ангелска

Идеята за работа по проект, свързан с нестандартното поднасяне на знания по природните науки пред учениците, възниква след участието на един от авторите на статията (Росица Конова) в Международния фестивал “Физика на сцената-3”, Холандия. Съвместната работа с преподавателката по музика Ваня Ангелска и ученици от СОУ “Васил Левски” град Севлиево, дава възможност на науката да се погледне като изкуство, а от друга страна – музиката като наука. Текстът е дело на двете преподавателки, а идеята е учениците да осъзнаят, че светът е едно цяло, с взаимно проникващи се компоненти.

Освен на училищно ниво, проектът “Физиката и животът около нас” е представян на национални и международни сцени:

„Да играем на наука” – съвместна програма на МОН, Съюза на физиците в България и Британски съвет – София, Софияленд, 2004г

33-та национална конференция по физика – Варна, 2005г.

„Наука на сцената 1” – национален фестивал – Плевен, 2005г. – номиниране на севлиевския проект „Физиката и животът около нас” за международно участие.

„Наука на сцената 1” – международен фестивал – Женева, Швейцария, 2005г. – севлиевската постановка „Физиката и животът около нас” представя България в направление On-stage activity

„Нощта на учениците” – София, Софийски университет – международна програма, 2006г.

При провеждането на Националния фестивал “Наука на сцената 2” авторите представиха и втори проект – „Звук и светлина около нас и в полза на човека”.

За представяне на темата са необходими 3 водещи – физик, биолог и химик. Те ще представят и обяснят явления, които са свързани с човешките сетива – слух, зрение, обоняние. Присъстват и трима техни асистенти, които представят заедно с тях опитите и музикалните изпълнения.

На сцената са подготвени опитни постановки от разделите звук, оптика, топлинни явления, механика, които са свързани с биологията, химията, логиката и музиката.

На скейтборд на сцената излиза младеж, който променя положението на тялото си и се чува леко мъморене. Момчето спира и започва да разсъждава:

Физикът (Ф).– Да, сега пристигнах много по-бързо и вложих много по-малко усилия, но не е ли възможно да съкратя още повече времето и да не използвам никакви усилия? Ще поогледам на работната маса и може нещо да ми хрумне.... Ето! Ще използвам изобретението на Херон Александрийски. Още през втори век преди нашата ера той изобретява най-древната парна машина (демонстрира се с опитна постановка

– сферична метална постановка, парата излиза от закривени тръбички, поставени върху сферата, при което тя се завърта в противоположна посока). Нютон, авторът на Закона за действието и противодействието, е създал един от първите проекти за парен автомобил, който почива на същия принцип: от котела, монтиран върху колела, парата се изхвърля в една посока, а самия котел, под силата на отблъскване, се движи в противоположна посока (показва се на екран парният автомобил на Нютон)



Химикът (Х) – О, твърде интересно! Но аз искам да предложа нещо. Нека вземем една пластмасова епруветка и в нея да сложим малко хлябна сода. Наливаме разтвор на лимонена киселина и затваряме със запушалка. Запушалката излита нагоре – резултатът е същият. (обяснява се с изтласквания въглероден диоксид, получен при реакцията) – опитът се наблюдава на екран.

Ф. и Х. – Получихме реактивен двигател!

Биологът (Б) – Какво става тук? Говорите за реактивен двигател? Може да ви се стори странно, но има много живи същества, за които мнимото «повдигане на себе си за косите» е обикновен начин да се движат във водата – морският охлюв и изобщо повечето от главоногите мекотели. Те всмукват вода в хрилната кухина през страничен отвор и след това през специална фунийка, намираща се отпред на тялото, изхвърлят енергично водната струя и така по Закона за противодействието получават обратен тласък. Морският охлюв може да насочва тръбичката, така че да се движи във всички посоки. По този начин се движат медузите, сепиите, личинките на водните кончета и други. (показват на екран за тези животни)

Ф. – «Земята е люлка на човечеството, но вечно в люлка не се живее» – припомням думите на Константин Циолковски, защото той за пръв път предлага реален проект за осъществяване на полет в космическото пространство. Там няма въздух, значи трябва да се измисли апарат, който да може да се движи и управлява, без да се опира на нещо – космическата ракета. Виждаме всички, че от наблюденията, които направихме в лабораторията, и от заобикалящия ни свят открихме начин да излезем и извън пределите на Земята (показва се на екран космически апарат).

– Чакайте! Ние полетяхме към звездите, а все още не сме се представили на гостите в нашата лаборатория. Аз съм Физикът, а това са моите най-добри приятели – Химикът и Биологът и нашите асистенти.

Б. – Винаги ми е било много приятно, когато сме заедно, защото разрешаваме лесно и най-трудните задачи. Ето една от тях: Колумбовата задача – как да задържим яйцето на единия от върховете му? (на екран рисунка за Колумбовата задача).

Х. – Колумб решил своята знаменита задача много просто: той счупил черупката му. Това решение обаче ми се струва неправилно – счупвайки черупката, Колумб вече е променил формата на тялото, тя вече не е яйцевидна. Дали няма и друго решение?

Ф. – Задачата може да се реши, без да се променя формата на яйцето, като се използва свойството на пумпала. Нека да демонстрираме: вземаме едно яйце и го завъртаме върху единия от върховете му. Като махнем ръцете си виждаме, че яйцето продължава още известно време да се върти изправено.

Б. – Това се използва за разпознаване на сварените яйца от суровите, нещо познато за много домакини. Течната маса вътре в суровото яйце действа като спирачка, докато при свареното всички части се въртят по един и същ начин (демонстрира се с двата вида яйца и на екрана се показва картина).

Ф. – Като говорим за свареното яйце, можем ли да си загреем вода в хартиена кутия?

Х. – Приготвяме кутийка от картон, наливаме вода в нея. Поставяме я над спиртна лампа и виждаме, че водата зазира, а кутийката не се запалва. Причината? – топлината от спиртната лампа се предава на хартията и на водата, но водата кипи при 100 градуса по С, а температурата на запалване на хартията е 233 градуса по С (показва се на екран заварването на водата и горенето на хартията).

Тук вече имаме сварено яйце и колба – дали ще можем да вкараме яйцето в колбата? (показва се че това е невъзможно, защото отворът е малък).

Нека да пуснем в колбата запалена хартийка и отново да опитаме. Резултатът е..... (яйцето е вкарано в колбата).

Б. – Виждате, тук намерих един чуден съд. Този съд с необикновени свойства е бил измислен от знаменития физик Мариот и носи името „Мариотов съд“ (показва се и на екран).

Х. – Това е обикновена пластмасова бутилка с тясно гърло, през запушалката на което е вкарана стъклена тръбичка. Един над друг са пробити 3 малки отвора С, В, А. Тръбичката е спусната до нивото на отвора В.

Ф. – Сега можем да направим няколко опита, които ще покажат, че съдът е необикновен. Ако трите отворчета се освободят, всички очакваме водата да изтича едновременно от тях. Вижда се, че вода изтича само от най-долното (С), при това равномерно, през В съвсем няма да изтича, а през А дори ще навлиза и външен въздух.

Това можем да обясним със създаденото налягане над отворите в съда и действащото атмосферно налягане от външната страна. На нивото С действа хидростатичното налягане на стълба ВС, който е постоянен, а налягането на стълба АВ и въздухът под

капачето се уравновесява с атмосферното от вън – това е причината струйката да изтича равномерно.

През В не изтича вода, защото наляганията от двете страни на отвора са равни (навлизащите мехурчета въздух през стъклената тръбичка поддържат налягането). За отвора А се оказва, че налягането отвън е по-голямо.

Х. – А дали не можем да покажем още нещо необикновено с този съд?

Ф. – Разбира се, че можем! Само ми е необходим източник на светлина (малко лазерче). Ако насочим светлината към отворчето, през което изтича водата, ще видим, че струйката се оцветява – това се дължи на явлениято пълно вътрешно отражение (това се наблюдава при световодите).

Б. – Искате ли да видите пиленце в яйце? (за опита се използва екран, две фенерчета и две фигурки изрязани от картон – на яйце и пиленце). Сега ще направя една рентгенова снимка. Само да включа апарата (зрителите виждат на екрана по-светло яйце и вътре в него по-тъмно пиленце).

Ф. – Това, което видяхте току що на екрана, можете да го използвате, за да си направите театър на сенките (отмества се екранът, за да се види опитната постановка). Светлината се разпространява праволинейно и, когато пред нея има непрозрачно тяло, върху екран се получава сянка.

Х. – Искате ли монетата да изчезне? Ще използваме мензура, монета и вода. Когато поставим монетата в празната мензура ние можем да я видим на дъното ѝ, но когато я напълним с вода, монетата загадъчно изчезва – като че ли се е разтворила във водата (демонстрира се с участник от публиката).

Ф. – Това може да се обясни лесно със законите на оптиката. В първия случай светлинните лъчи от монетата преминават през дъното и стените на празния буркан и съвсем нормално достигат до нашето око. Във втория случай се наблюдава явлениято пълно вътрешно отражение, т.е. лъчите не излизат към нашето око. Можем да видим монетата, ако погледнем отгоре в съда.

Б. – Как можем да видим дупка в дланта на ръката си? За някои може да е не-реално, но аз ще ви предложа да вземем лист хартия, навит на руло и да го поставим пред дясното си око (предварително са подготвени и раздадени на публиката). Пред лявото поставяме на разстояние лявата си ръка. Дясното око вижда вътрешността на



тръбата, а лявото – дланта на ръката. Както при обикновеното гледане възприетите от двете очи картинки се изпращат в главния мозък, където те се обединяват в единно пластично изображение. Всичко останало е по правилата на перспективата (опитът се прави заедно с публиката).

Ф. – И, като става въпрос за това, нека припомним какво е казал философът Кант: „Сетивата не ни мамят – не защото винаги съдят правилно, а защото изобщо не съдят.” И наистина по-голяма част от зрителните измами се дължат изключително на това, че ние не само виждаме, но несъзнателно разсъждаваме и при това неволно се заблуждаваме. Това са измами на съзнанието, а не на сетивата.

Б. – В подкрепа на това нека погледнем картинката на екрана (показан е модел на „леляка чиния”) Може да получим представа, че едно тяло се движи, ако последователно бързо си отваряме и затваряме очите... Свързано е с времето за възприемане на отделните образи – отделните картинки се сливат.

Х. – Сега искам да ви направя един фокус (използва се цветно зеле, зелято с гореща вода половин час по-рано. Отделя се водата в чашка – виолетово оцветена. Вземат се други 3 чаши в които се наливат вода, разтвор на безцветен оцет или лимонена киселина, разтвор на хлябна сода). В трите чаши има налята вода. Нека да налеем по малко от цветната течност във всяка от тях. В първата оцветяването е виолетово, във втората става червена, а в третата – зелена. С подобни изменящи цвета си средства (индикатори) в химията се определя дали даден разтвор има кисел или основен характер (результатите се показват и на екрана).

Ф. – Предполагам, че вече знаете устройството на батерийките за джобно фенерче и знаете какво е тяхното предназначение – да захранват веригата с електричество. Сега обаче ще взема 1 картоф, 2 метални пластинки (медна и цинкова) и ще свържем към галванометър. Вижда се отклонение на стрелката, което говори за протичане на електричен ток. Следователно картофът се е превърнал в батерийка – за създаване на химичен източник на напрежение е необходимо да имаме електролит. За такива източници могат да бъдат използвани и други сочни плодове и зеленчуци, а също така и разтворите, които използвахме в предишния опит.

Б. – Като заговорихме за електричество знаете ли, че съществуват около 300 животни, които произвеждат електричество. Електрическата змиорка с електричество зашеметява и убива жертвите си. В кожата ѝ има стотици малки клетки, които действат като миниатюрни батерии. Тези клетки се зареждат с напрежение 600 волта (на екрана се показват снимки на такива животни).

Нервите в човешкото тяло действат чрез електричество. Електричните сигнали от мозъка са причина за работа на мускулите; пренасят информация от очите, ушите, носа, езика и кожата към мозъка. Тези сигнали днес могат да се регистрират и анализират.

Условните рефлексии позволяват по-добро приспособяване към околната среда. До тук видяхме как лесно можем да си обясним живота около нас с науките Химия, Физика и Биология.

А1. – Но в живота около нас има не само науки, но и изкуства – например – му-

зиката. Сами ще се изненадате колко много са свързани Физиката, Животът около нас и Музиката. Но аз не ви поздравих. Здравейте! Чувате ли ме? А чухте ли тази етно музика от България? И знаете ли защо чуваме?

Б. – Аз знам! Защото всички използваме слуховите си сетива и чуваме звуци.

Ф. – Да, така е! Но звукът е физично явление. Той представлява звукови вълни, които пътуват във въздуха, а скоростта им е зашеметяваща-1255км/ч. (на екрана се показва синусоид на звукова вълна)

А2. – Но как всъщност чуваме?

Б. – Много просто – молекулите на въздуха се сблъскват с тъпанчето в ухото и упражняват налягане 1т/кв.фут. Тези молекули са точно балансирани с молекулите от другата страна на тъпанчето. Затова тъпанчето не помръдва и ние нищо не чуваме.

А2. – Разбрах защо не чуваме, но не ми е ясно защо чуваме?

А1. – И това е много просто – обикновено звукът е описан като малка бърза вибрация в налягането. Звукът е вибрация във всяко вещество – въздух, вода, дърво или друга материя.

А2. – А има ли място на пълна тишина?

Ф. – Да, това е вакуумът. Там звуковите вълни не могат да се разпространяват, защото няма въздушна среда. Когато веществата вибрират или бързо се местят напред – назад, образуват вълна, която достигайки до нашия слухов апарат, възприемаме като звук.(на екрана се показва схемата – високоговорител и ухо)

А2. – А чували ли сте, че човешкото ухо възприема звукови вълни с честота от 16 до 20 000 Хц ?

А1. – Даже знам, че под 16 Хц е зоната на инфразвучите – улавят ги гущерите (показват се графики на високо- и нискочестотна вълна). А над 20 000 Хц е зоната на ултразвучите. Като използваме високи честоти на звука, можем да повикаме кучето си, защото то ги възприема, без да безпокоим околните (показва се високо-кестотна свирка). Някои животни използват ултразвучите чрез техниката ехолокация, която им позволява да се ориентират в тъмното и нощем да ловят плячка.



Б. – Чувал съм, че СОНАР-ите също използват ултразвук. Даже знам, че СОНАР идва от SOund NAvigation Ranging. Използва се при навигацията, прогнозиране на времето, търсене на самолети, подводници, бойни ракети (на екрана се показват схема на сонар – кораб и снимка на сонар на NASA). Виждате модерен сонар, изработен от НАСА, за изучаване на кораловите рифове в океана. Те работят чрез отражение на звуковите вълни.

А1. – А знаеш ли, че човек е опитомил звуците? Накарал ги е да изразяват чувства и идеи. Дори те могат да преобразят човека.

А2. – Тук има някаква магия!!!

Ф. – Нищо подобно. Има познания по Физика. Ако звукът е с неопределен брой трептения в секунда се получава шум. Неопределен брой трептения в секунда има и човешкият говор. (показва се на екрана графика за говора) Но звук с точно определен брой трептения в секунда вече е тон. (показва се графика за шум и тон) Тонът, който чухте, е ла с честота 440 Хц. Тя се определя с уред, наречен камертон (показва се камертон). Тонът има 4 качества:

Височина (брой трептения в секунда) – ако подредим тоновете с определена височина, получаваме мелодия (демонстрира);

Трайност – зависи от времето, през което източникът на звука трепти (демонстрира), (на екрана се показват нотни трайности);

Сила – зависи от големината на амплитудата на звуковата вълна (показва се на екрана графика);

Тембър – ако кларинет и тропет изсвирят една и съща нота, всеки от тях ще звучи по различен начин. Това, което ги различава, е хармонията/обертоновете (показва се графика на звуковата вълна на кларинет и тропет) Те са тонове, чиито честоти са интегрални кратни числа на основната честота на тона (показват се графиките на основния тон и обертоновете).

Пример: ла – 440 Хц. 1-ви обертон – 880 Хц, 2-ри – 1320 Хц. Това всъщност е тембърът на тона (показване със свирене) И така, ла на кларинета и ла на тропета съдържат различно количество обертонове. Обертоновият ред на до от първа октава е... (показва се на екрана графика).

Б. – Сигурно сте чували, че синтезаторите използват серии от обертонове, чиито амплитуди могат да бъдат настроени, за да се приспособят на желаната форма на звуковата вълна на инструмента.

А1. – А ти знаеш ли, че на по-модерните синтезатори може да се настрои дори разлагането на звука, атаката, вибраторът, тремолото. Оркестрите днес използват синтезатори постоянно, защото звукът, който издават, е почти неразличим от истинския звук на инструмента.

Ф. – Без Физиката не биха могли да работят хората от една музикална професия – тази на акордьорите, които се занимават с механиката и настройването на музикалните инструменти. Те използват специален уред за определяне броя на Хц-ите – тунер.

А1. – Ако към мелодията прибавим изразните средства хармония, ритъм, темпо, динамика, тембър и чувство се получава музикалното изкуство. То въздейства на нашето съзнание и на нашите емоции. Ето, вече ви преведох по моста от Физиката към Музиката.

Б. – Толкова много говорим за звуци и тонове, а още не сме ви казали, че ние сме приятели, които имаме едно и също хоби – музиката. (на екрана се показват снимки по време на подготовка на музикалните инструменти)

Ще ви предложим една наша идея – как да си направим оркестър, без да се отбиваме в специализиран музикален магазин.

А1. – За ударни инструментите можем да използваме... (показва), по метода папиемаше... (показва)

А2. – Музиката ползва звуци с определена височина на тона ... (показва) и с неопределена височина... (показва), по-тихи и по-силни... (показва)

А1. – Ако настроим с тунера тоновете в последователност до, до#, ре, ре# и т.н. можем да изпълним и най-красивата музика... (показва)

Б. – Всичко е налице – познания по Физика, познания по Музика, музикални инструменти, които сами си направихме, добра публика и изпълнители, които ще ви представят етномузика от България (изпълнение на песента „Назад, назад, моме Калино”).

Б. – За да представим следващото ни изпълнение, трябва да подредим други височини на тоновете (на екрана се показва ритъма на „Дилмано, Дилберо” и се изпълнява песента).

А1. – За физиката, изкуството и приятелите няма граници. Хванете се за ръце и нека да пеем заедно.

(изпълнение на песента „Песен за доброто старо приятелство”)

На екрана излиза информация за екипа, подготвил и представил постановката, снимки на участниците в представянето.

**Присъединете се към групата на списанието
във facebook –
Списание Светът на Физиката**

ЗА СЪОБРАЗЕНАТА ПЪТНА СКОРОСТ И ЗА НЕСЪОБРАЗЕНОТО ОБУЧЕНИЕ ПО ФИЗИКА

М. Бушев

Обучението по физика в училищата все повече се съкращава. Но обществото не изглежда разтревожено. Има си по-важни грижи. По някакво странно съвпадение повечето от източниците на тези грижи започват с буквата “К”: Криза, Корупция, Кражби, Катастрофи (по пътищата). . . За последните слушаме всеки ден: “Тази година по пътищата на България ще загинат близо (повече от) хиляда души” – вещае мрачен дикторски глас.

Жертви като на война. Но едва ли някой от загрижените администратори се досеща, че бедата започва от слабото познаване на физическите закони. Именно пренебрегването обучение по физика взема своите жертви. Защо ли?

Да започнем с ежедневиия призив на ръководители и участници в движението по пътищата: “КАРАЙТЕ БАВНО!”.

Какво значи “бавно”? Всеки физик веднага ще реагира: “бавно спрямо какво”? Движението е относително, скоростта е относителна (изключваме светлинната скорост). Ще ни отговорят с лека насмешка: “разбира се, скоростта спрямо пътното платно”.

Но дали бавното движение спрямо платното наистина е безопасно? Да вземем екстремния (но нередък) пример: кола, спряла на сред пътя (да речем, поради повреда). Движението ѝ е “бавно”, движи се с нулева скорост. И какво от това? Какво му е безопасното, ако върху спрялата кола врхлети друга със скорост 100 км/ч? Ефектът е почти същият като при сблъсъка на две насрещно движещи се коли със скорост 50 км/ч. А тази скорост, общо взето, никак не е висока и би могла да се сметне за “безопасна”.

Съвсем ясно е, че нито нулевата (спрямо платното), нито ниската (пак спрямо пътното платно) скорост е безопасна. Тогава коя скорост е препоръчителна?

Горните два примера на пътни инциденти показват, че опасността иде от *разликата в скоростите*. Колкото по-различни са скоростите на колите в потока, толкова по-опасно е движението. От значение е *относителната скорост* на участниците в движението. Колкото по-ниска е именно относителната скорост, толкова по-безопасно е движението.

Така че физически грамотният човек би препоръчал не да се движим бавно (спрямо пътното платно), а да се движим с ниска (спрямо потока от коли) относителна скорост. *Да се движим със средната скорост на потока*. Именно това е безопасната скорост. И всяко отклонение от нея, било то по-бързо или по-бавно, създава опасност за останалите участници в движението.

Ако разбираха това, контролните органи щяха да санкционират както твърде превишената, така и прекалено ниската скорост. Защото най-опасни са големите отклонения от средната скорост на потока. Призивът “КАРАЙТЕ БАВНО!” трябва да се разбира като “КАРАЙТЕ БАВНО В ОТПРАВНАТА СИСТЕМА НА ПОТОКА!”.

Но това е физика. А тя, както вече казахме, не е на голяма почит в училищните програми.

Последствията от този горчив факт са различни, но винаги в крайна сметка имат отрицателен знак. Да вземем два конкретни примера.

Един призив към шофьорите, също така чест като “карайте бавно!”, гласи: “КАРАЙТЕ СЪС СЪОБРАЗЕНА СКОРОСТ!”.

Какво значи една скорост да е “съобразена”? Физиката не познава такова понятие. Скорост, съобразена с какво? Много пъти съм задавал тези въпроси, но разумен отговор очевидно няма как да се даде. Като дългогодишен шофьор разбирам, че при всяко пътно-транспортно произшествие шофьорът може да бъде обвинен, че не е карал със скорост, съобразена с пътната обстановка. И винаги е изцяло негова. Това е понятие-балон – раздува се и се свива според обстоятелствата. Пътят може да е осеян с дупки и всякакви други препятствия, може да прилича на минирано поле, но шофьорът трябва да кара със “съобразена скорост”. Казано другояче, шофьорът трябва да притежава способности на ясновидец, за да предвиди всички изненади по пътя.

Ясно е, че понятието “съобразена скорост” не е съобразено с физиката, то не принадлежи към сферата на научното познание, а по-скоро към мистиката.

Следващият пример ни насочва към една много тревожна тенденция, която в последно време се проявява все по-настойчиво. Неопитни, но самоуверени шофьори с мощни коли губят контрол, излитат в пропасти, блъскат се в крайпътни дървета, убиват пешеходци. . . Много често това става при почти празен път, в часове на слаб трафик. Защо е така?

Причината отново е в *несъобразяването с физическите закони*. Шофьорът си мисли, че щом наоколо няма контролни органи, той ще може да кара, както си иска, без да се бои, че нарушава закона (правилника) за движението. Сигурен е, че няма кой да го санкционира. И натиска педала. . .

На такъв шофьор и през ум не му минава, че освен законите за автотранспорта съществуват и *природни – физически – закони*. А тези закони са неумолими. Те наказват всяко нарушение. Те са по-строги и по-безпощадни от всякакви контролни органи. Законът за инерцията, законът за момента на количеството на движение, законът за триенето. . . на никого не се прощава тяхното нарушаване. Наказанието е сурово, но справедливо.

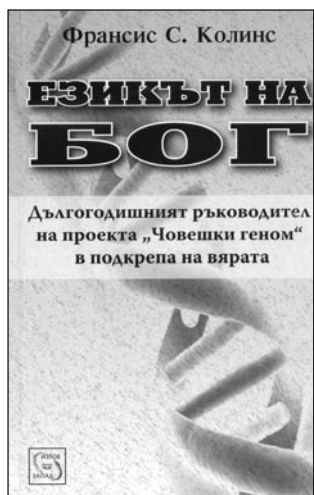
Незнанието на законите не е оправдание. Още бележитият английски философ Френсис Бейкън (1561-1626) е казал:

“Знанието и мощта на човека съвпадат в едно, понеже непознаването на причината измамва в резултата. Природата именно се побеждава само като ѝ се подчиним и което в съзерцанието важи като причина, в изпълнението важи като правило” (Нов органон, Част Втора, афоризъм № 3).

И така, природата се побеждава само когато ѝ се подчиняваме. Бейкън го е казал още преди Нютон да е открил законите за движението. И ни е предупредил: законите на природата трябва да се спазват; а за да се спазват, те трябва да се познават.

Кое то ни връща отново към училището. И към нуждата от *съобразено обучение по физика*.

ТЪРСИ И ЩЕ НАМЕРИШ...



„Две неща изпълват духа ми с винаги ново и нарастващо възхищение и страхопочитание, колкото по-често и по-продължително размишлявам над тях: звездното небе над мен и моралния закон в мен”
Имануил Кант

„Ако сте стигнали дотук (в четенето на книгата, а това са вече последните ѝ страници – бел. автора) надявам се ще се съгласите с мен, че и научният, и религиозният мироглед могат да ни дадат много. Всеки от тях предлага може би различни, но взаимно допълващи се отговори на вечните въпроси, а двата могат спокойно да съжителстват заедно в съзнанието на интелектуално будната личност, живееща в двадесет и първи век” заключава Франсис Колинс в издадената към края на миналата година от престижното издателство „Изток-Запад” негова книга **„Езикът на Бог”** (**“The**

Language of the God: A Scientist Presents Evidence for Belief”, Simon&Schuster, Inc. 2006; превод от английски на Бойко Пенчев)

Франсис С. Колинс (Francis S. Collins) е ръководителят на триумфално завършилия грандиозен – близо две десетилетия проект за разчитане на човешкия геном! Роден е на 14 април 1950 г. във Вирджиния, САЩ, завършва физическа химия в университета Йейл, където защитава докторската си дисертация си в областта на квантовата теория на полето, а след това записва и завършва медицина в университета в Северна Каролина ... за да се включи през 1973 г. в проекта „Човешки геном” и през 1993 г. да стане негов ръководител. Близо двадесетлетните усилия на над две хиляди учени от целия свят, преодолели много съмнения и трудности, съпротиви на институции и обществени деятели (когато в началото на 90-те години тогавашния ръководител на проекта Нобеловият лауреат Джим Уотсън напуска), за да обявят тържествено на 26 юни 2000 г. от Източната зала на Белия дом, че *„в общи линии човешката книга с инструкции е вече разчетена: езикът на Бог е разчетен”*. И напълно основателно Ф. Колинс го обявява за *„едно от най-големите достижения на човечеството”*!

Не мога да не отбележа (нека ми бъде простено) – като на човек, чийто живот е преминал в плитчините на изследванията на експерименталната физика на елементарните частици през втората половина на миналия век: проектът „Човешки геном” по нищо – ни по грандиозност на замисъла и поставената (и постигната!) цел, ни по мащаби на финансиране и многостранен научен потенциал, ни по своя международен характер – не отстъпва на символа на физиката на втората половина на XX век – ус-

корителната физика при високи енергии. Както и полетите в Космоса на апаратура и хора и провежданите астрофизични изследвания. Разбира се, ако оставим настрана сложната мотивация на съвременните научни изследвания – в никакъв случай чисто научни или хуманни. Да не говорим за някои от последствията от тях...

И второ – неволно възниква въпросът за автора на книгата: човек първо става учен от такава величина и след това се замисля за проблемите на човешката същност, или той, предразположен към „метафизични” въпроси, се отдава като млад на конкретни научни изследвания и след това отправя поглед към звездите и навътре в душата си? Яйцето или кокошката?

В случая участието (всъщност, отдаден живот) на един голям учен и мислеща личност, го е изправил пред проблем от друго естество и достигнал до нетривиален (във всеки случай, оспорван) отговор: *„Ето го и централният въпрос на тази книга: днес, в епохата на космологията, еволюцията и човешкия геном, остава ли шанс за богата, удовлетворяваща хармония между научния и религиозния мироглед? Защото мнозина смятат, че последователният учен не би могъл истински да вярва в един трансцендентен Бог. Тази книга се опитва да разсее тази представа, като докаже, че вярата в Бог може да бъде напълно рационален избор, а принципите на вярата всъщност допълват принципите на науката. Целта на тази книга е да проправи пътека към едно трезво и интелектуално честно обединение на тези мирогледи”*. В края на краищата *„Каква е разликата между катедралата и физическата лаборатория? Не казват ли и двете „Привет”?*”, както риторично пита проф. Ани Дилард.

Преходът от агностицизъм през атеизъм към вяра без да се стига до теизъм – това е духовната траектория на автора на книгата. Тук няма да обсъждаме примитивния дървен „научно” доказан марксистко-ленински атеизъм. (Впрочем, самият атеизъм, се оказва сялапа вяра, защото възприема една система от вярвания, които не могат да бъдат защитени на базата на чистия разум). Да отминем и безразличието на повърхностния агностицизъм, изкован през 1869 г. от колоритния британски учен Томас Хенри Хъксли, известен като „Булдогът на Дарвин”, докато стигнем до другата крайност – слепият догматичен теизъм... Френсис Колинс подробно разглежда всички тези „изми” и прехода между тях – всъщност сложната негова лична мисловна траектория. Според него, човешките същества са уникални и никой не може да обясни тази еволюция, която е белег за духовната му природа. И затова всеки човек трябва да намери сам своя собствен път към истината: *„...и научният, и религиозният мироглед могат да ни дадат много. Всеки от тях предлага може би различни, но взаимно допълващи се отговори на вечните въпроси, а двата могат спокойно да съжителстват заедно в съзнанието на интелектуално-будната личност, живееща в двадесет и първия век.”* Или както винаги по-лаконично и ясно изразено от Айнщайн: *„Наука без религия е хрома, религията без наука е сялапа”*.

Моралният закон (или Законът за доброто поведение), на който Колинс стъпва и обосновава като универсално споделяната характеристика на човешкия вид: *„... съзнанието за добро и зло, заедно с развитието на езика, самосъзнанието и способ-*

ността да си представяме бъдещето е онова, което учените обикновено дефинират като същностни черти на *homo sapiens*. (...) Ако бог съществува, той би трябвало да се намира извън природния свят и следователно инструментите на науката са неподходящи за неговото търсене.” Но за разлика от Бога на Айнщайн, който след като навил часовника на Вселената отишъл за гъби, при Колинс става дума за „Бог, който не само е дал началния тласък на Вселената, но който изпитва интерес и загриженост за човешките същества”.

Ако Големият взрив направо плаче да бъде обяснен с божественото, въпросът „Какво е било преди това? става неизбежен... Антропният принцип е само заобикаляне на отговора: съществуването на Вселена, каквато я познаваме, минава на ръба на невъзможното – тя съществува напук на теорията на вероятностите! Невероятно фината надстройка на близо петнадесет константи е удивително и видни съвременни астрофизици са притиснати до стената – Стивън Хокинг: „Би било много трудно да се обясни защо Вселената е трябвало да се появи по този начин, освен като действие на един Бог, който възнамерява да създаде същества като нас”. Фриймън Дайсън: „Колкото повече изследваме Вселената и детайлите на нейната архитектура, откриваме, че в някакъв смисъл Вселената трябва да е знаела, че ние идваме”. А съоткривателят на реликтовото излъчване, сър Арно Пензиас добавя: „Най-добрите данни, с които разполагаме, са точно онова, което бих предсказал, ако няхах нищо друго под ръка освен петте книги на Мойсей, Псалмите, въобще Библията като цяло”.

А когато от небето слезем на Земята, проблемите съвсем не изглеждат по-ясни. И движейки се в това русло на мисли и духовни търсения, Колинс неминуемо достига до модния и оспорван проект за „Интелигентния дизайн” (ИД). Без съмнение Животът показва наличие на устроеност, на дизайн, следователно трябва да има и някакъв дизайнер. Движението „Интелигентен дизайн” (появило се в началото на 90-те години на миналия век), основаващо се на статистическата невъзможност за възникване на живота, настоява, че не всяка устроеност може да се обясни с еволюцията, следователно би трябвало да е имало в определени случаи свръхестествена намеса. И наистина, когато човек се запознава с концептуално изпитания ИД, техните доводи и искреността на привържениците му, трудно се намират аргументи, за да бъде оборен.

Ако Бог е създал Вселената заедно със законите, които я управляват, и ако е надарил човешките същества с интелектуалните способности да проникват в неговото дело, нима той би искал от нас да загърбим тези си способности? Разбира се, „Вяра, която намесва Бог в белите полета на сегашното ни разбиране за природния свят, рискува да се окаже в криза, ако при бъдещия напредък на науката тези полета биват запълнени”.

В търсенето на истината е много вероятно да открием чрез науката интересни отговори на въпроса „Как работи животът?”. Въпросът, на който само с наука не може да се отговори, е: „Защо въобще има живот?” и „Защо аз съм тук?” И стигаме до витиевият въпрос-разсъждение на проф. Улбихт: „Ами ако тъкмо невежеството не е нищо друго, освен съвременният път към Бога?! Всяка епоха е имала съответен

на най-силните ѝ умствени способности път към него; не е ли тогава нашата съдба, съдбата на епохата на умно придобитите знания и опит, да отхвърлят всички мечтателства, легенди и многоучени понятия единствено защото с повторното си обръщане към Него на висотата на световните изследвания и открития встъпваме с Него в отношения на начеващо знание и опит?”.

Съвременните „работници на доказателства”, както Бруно Латур нарича учените от областта на природните науки, са изправени пред дилеми, които сами трябва да решават (или да пренебрегнат). Но „Изгубено е времето, което сме прекарвали, без да живеем пълноценен човешки живот, времето, необогатено от преживявания, творческа енергия, радост и страдание” казва Дитрих Бонхофер, немски теолог, участник в заговора на фон Шалтенберг против Хитлер (обесен седмица преди навлизането на американските войски в Германия). Убеден съм, че замислянето върху въпросите, поставени и разглеждани в книгата, не са загубено време!

И накрая, за да добиете по-добра представа за книгата, ще си позволя да представя няколко от последните ѝ страници.

Проповед към учените.

Ако пък вярваш на научните методи, но си скептичен към религията, сега е моментът да се запиташ за барьерите, препречващи твоя път към намиране на хармония между двата мирогледа.

Тревожил ли си се, че вярата в Бога изисква пропадане в ирационалното, компромис с логиката или дори интелектуално самоубийство? Надявам се аргументите, представени в тази книга, да ти дадат поне частична противоотрова срещу този възглед и да те убедят, че от всички възможни мирогледи атеизмът е най-малко рационалният.

Отблъсквало ли те е лицемерното поведение на някои от проповедниците на вярата? Помни, че чистата вода на религиозната вяра е налята в ръждивите варели, наречени човешки същества, така че не бива да се изненадваме, ако от време на време основни положения на вярата бъдат силно изкривени. Не се оставяй преценката ти за вярата да се основава върху онова, което виждаш в поведението на отделни хора или организирани религии. Опри се вместо това на надвременните духовни истини, които вярата дава.

Измъчвал ли се от определен философски проблем при вярата, например защо Бог позволява страдание? Отвори съзнанието си за факта, че голяма част от страданието идва в нашия свят поради собствените ни действия или действията на другите и че в свят, където хората имат свободна воля, това е неизбежно. Разбери също така, че ако Бог е действителен, Неговите цели често няма да са същите като нашите. Тава е трудна за приемане мисъл, но пълната липса на страдание може би щеше да пречи на духовния ни растеж.

Или пък просто не ти се иска да приемеш идеята, че инструментите на науката са неспособни да дадат отговор на най-важните въпроси? Това е особено силен

проблем за учените, посветили живота си на експерименталното изучаване на природата. От тази гледна точка признанието, че науката е неспособна да отговори на всички въпроси, може да се окаже удар по интелектуалната ти гордост – но този удар трябва да бъде осъзнат, приет и осмислен.

А може би това обсъждане на религиозността те кара да се чувстваш неловко, защото усеицаш, че признаването на възможността Бог да съществува може да постави нови изисквания към житейските ти планове и действия? Добре познавам тази реакция от времето на моята „пожелана слепота“ и все пак мога да гарантирам, че познанието за Божията любов и милост ти дарява сила, а не те скована. Бог се занимава с освобождаване, а не с оковане.

И накрая, може би просто не ти е останало време да се заемеш сериозно с въпроса за религиозния мироглед? В съвременния свят твърде много скачат от едно преживяване към друго, опитвайки се да отрекат собствената си смъртност, като отлагат сериозното размишление върху Бог за някакъв неопределен бъдещ момент, когато обстоятелствата ще са подходящи.

Животът е кратък. Вероятността в близко или по-далечно бъдеще да се окажеш мъртъв е 100%. Отварянето ти към живота на духа може да бъде неописуемо обогатяващо. Не чакай размишлението върху тези въпроси със съдоносно значение да дойде, докато някаква лична криза или напредващата възраст не те принуди да признаеш духовното си поражение.

Признавам, че ги четох в съпровод на „Реквиема“ на Моцарт!

Н. Ахабабян

ЗА НАУКАТА И РЕЛИГИЯТА



Вземайки повод от книгата „Езикът на Бог“ от Франсис С. Колинс и подтикнат от любезната покана на автора на предшествашия текст, реших да споделя някои свои мисли във връзка с взаимоотношенията наука-религия. Така се случи, че през последните няколко години преведох от английски редица текстове на такава тема, повечето написани от учени и/или религиозни проповедници със световна слава, някои от които бяха публикувани в „Светът на физиката“. Във всеки такъв случай в съзнанието ми се надигаха определени мисли и аргументи, които постепенно добиваха все по-завършен вид. Така че може би наистина е дошло време да бъдат споделени.

Основната теза на автора на тази книга е, че религията и науката не си противоречат и не си пречат по никакъв начин. Аз напълно споделям това мнение. Факт е обаче, че в продължение на много столетия, а и понастоящем, науката (под наука тук разбирам естествените или точните науки, чийто предмет е натрупването и задълбочаването на познанията за заобикалящия ни материален свят в пряко съответствие с наблюденията и експериментите) и религията са били в състояние на остро противопоставяне и съперничество. Според мен, в основата на тази конфронтация стоят не принципи и рационални противоречия, а вродената човешка жажда за власт и амбиция за постигане на окончателно разбиране и овладяване на всичко съществуващо, на цялата вселена. Действително, всички религии от по-ново време претендират за уникалното право да властват над съзнанието и поведението на всички хора. Християнството и предходното го юдейство не само че не правят изключение, но са може би най-убедителният пример за това. Ако тази религия се занимаваше само с морални и хуманитарни проблеми, не би възникнал проблем. Но тя претендира и поема отговорност и за начина на възникването и устройството на материалния свят. И точно от тук произлиза конфликтът с естествознанието, което добива и натрупва все по-разширяващ се обем познания за материалния свят и все по-дълбоко прониква в неговите закономерности. Приказката за това как е бил сътворен целият материален свят и човекът, съдържаща се в Библията, естествено не може да устои на все по-усъвършенстващото се и задълбочаващо се научно знание. Поради това, религията (и най-вече нейните институции) неизбежно са губили част от своето всеобхватно влияние и власт и съвсем логично са се впуснали в безкомпромисна борба с науката.

Разбира се, и научната общност също има своята роля в тази конфронтация. Защото много учени, главозамаяни от все повече разширяващите се възможности на науката смятат, че се намират едва ли не на прага на окончателното разбиране не само на целия материален свят, но и на нематериалния, управляващ съзнанието и общественото поведение на хората. Такива са някои от учените, които, след като са постигнали (или не са постигнали) много в научната си практика, се отдават на „по-висши“ философски въпроси. С което пък още по-дълбоко навлизат в области, приоритетни за религията и други хуманитарни дейности, като напр. изкуството. Според мен, предметът и същността на науката е да изучава материалния свят, използвайки своите рационални методи, като натрупва все повече обективни познания и разкрива все по-дълбоки обективни закономерности. Но в нито един миг не бива да се главозамайва и да си въобразява, че вече се е доближила до окончателното познание. Аз мисля, че тя е и сега е безкрайно далеч от това и няма никакъв шанс и в бъдеще да се доближи до тази цел, имайки предвид невъобразимата сложност на изучавания обект.

Но да се върнем на книгата на Франсис Колинс. Както вече казах, аз не виждам нищо противоестествено в това един учен да бъде явяващ. Това е така, защото за мен религиозната вяра е преди всичко една доста стройна система от морални ценности, а също така и носител на огромен емоционален заряд, въплътен в система от ритуали, които са персонифицирани в образа на едно всемогъщо, всевиждащо и всеопроща-

ващо божество. Напълно разбирам нуждата на голям брой хора от подобна морална опора. Други хора пък нямат нужда от такъв морален и емоционален стожер, те може да намират упование, вяра и надежда по различен начин и с помощта на различни средства и символи. Това дали човекът е учен или не, не би трябвало да играе тук никаква роля, освен ако той е от типа учени, които смятат, че с помощта на науката са в състояние да вникнат във всички детайли на заобикалящия ни свят, включително и духовните аспекти.

За съжаление, обаче, авторите на книги и статии като тази на Франсис Колинс, не спират дотук. Те не се задоволяват с твърдението, че един учен може да бъде вярващ. Те са убедени, че има само една окончателна истина, а именно тяхната – че Бог е не само морална институция, а всемогъща материална сила, която е създала целия свят и го контролира във всеки момент. Тези автори търсят и привеждат доказателства, с които се опитват да убедят читателя, че той е длъжен да вярва и да се прекланя пред Бога, ако иска да е праведен и може и трябва да го прави, дори и да е учен. В това отношение Ф. Колинс е много по-умерен и по-толерантен от повечето други автори, но стремежът за приобщаване на читателя към уникалната и единствено правилната вяра съществува и у него.

А иначе Франсис Колинс демонстрира изключителен талант и ерудиция да изложи просто и ясно редица големи достижения на науката. При това принадлежащи към различни научни области – физика, химия, биология и др. Това е способност, характерна само за учени с изключителна дълбочина и яснота на мисленето. Освен това, той притежава безспорен писателски талант, с който увлича и завладява читателя. Именно това е за мен най-голямата ценност на книгата.

Св. Рашев

Посетите нашия сайт
WOP.COINTECH.NET

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

**ПРОФ. Д-Р ПАРАСКЕВА ДИМИТРОВА СИМОВА
НА 90 ГОДИНИ**



На 06.01.2010 г. проф. д-р Параскева Димитрова Симова, един от създателите на Физическия институт при БАН, навърши 90 години.



Проф. Симова е виден български учен физик в областта на оптиката и спектроскопията. Тя е създател и дългогодишен ръководител на Лаборатория “Оптика и спектроскопия”, в Института по физика на твърдото тяло към Българската Академия на Науките. След завръщането си през 1951 г. от аспирантура в Института по физика към Ленинградския университет, където получава научната степен кандидат на физико-математическите науки, П. Симова организира и ръководи първата научна структурна единица по спектроскопия във тогавашния Физическия Институт на Българската Академия на Науките – “Секция по Спектроскопия”, с което поставя началото на научните изследвания по Спектроскопия в България. С придобития си в Ленинградския университет опит, тя инициира и подпомага създаването на много нови лаборатории за спектроскопични изследвания, както в научните области физика, химия, геология и медицина, така и в индустрията. Секцията по спектроскопия става притегателен център за обучение, в който под ръководството на проф. Симова много млади учени и студенти от Физическия и Химическия факултети на Софийския университет получават и усъвършенстват квалификацията си по спектрален анализ. В същото време тя чете курс от лекции по спектроскопия във Физическия факултет.

Проф. Симова има значими заслуги за развитието на физиката в България. Тя създава нови направления във формираната се през 1972 г. Институт по физика на твърдото тяло (ИФТТ), като нелинейна оптика и спектроскопия, молекулярна спектроскопия, лазерна спектроскопия. Като дългогодишен заместник-директор на Центъра по физика към Българската Академия на Науките тя беше един от двигателите на устойчивото развитие на съвременната физика в БАН.

Проф. Симова положи много усилия за създаване и усъвършенстване на експерименталната база по спектроскопия в рамките на Българската Академия на Науките. Под нейно ръководство беше приложен лазерът (още от началния период на неговото създаване) в спектроскопията. В хода на по-нататъшното развитие на спектроскопията и лазерната техника и разширяването на научния потенциал на по-късно формирания се сектор по “Оптика и спектроскопия” към ИФТТ – БАН, бяха развити и по-късно обособени нови изследователски структурни звена – лабораториите по Атомна спектроскопия, Лазерна физика и Физика на течните кристали. Под ръководството на проф. Симова беше създадена и проблемната група “Интегрална оптика”, която в момента е

част от научното направление “Физична оптика и Оптични методи” и лабораторията “Оптика и спектроскопия”. Тя беше ръководител на лаб. “Оптика и спектроскопия” в продължение на около 40 години.

Следствие на многогодишния плодотворен труд на проф. Симова е създаването на Национален комитет по Спектроскопия към БАН, с цел повишаване на квалификацията на българските спектроскописти, усъвършенстване на спектроскопичните методи в различните лаборатории, както и организиране на международни научни сътрудничества, семинари, школи и конференции. Тя е инициатор и организатор на международните школи по Оптика и спектроскопия, които се провеждаха у нас на всеки две години и дадоха съществен принос за обучението и развитието на младите учени. Като президент на Националната комисия по спектроскопия в периода 1963-1989 г. тя положи много усилия за модернизиране и популяризиране на изследванията по спектроскопия в научните институти и в производството. Тя създаде и поддържаше плодотворни международни научни сътрудничества с редица страни, като най-открояващи са тези с Русия, Италия, Франция, Полша.

Проф. Симова е автор на голям брой научни трудове в областта на Инфракчервената спектроскопия и Физиката на течните кристали, с което се утвърди и като известен международен учен. Автор и съавтор е на повече от 150 научни труда, многократно цитирани и понастоящем продължаващи да се цитират в специализираната научна литература. Резултат от пионерния характер на голяма част от изследователската й дейност е съавторството й в книгата “Вибрационна спектроскопия на течни кристали” и “Атлас на вибрационните спектри на течни кристали”.

Научните постижения на проф. Симова са значими. Тук ще изброим само най-ярките й научни приноси:

- изследване чрез Раманова и инфракчервена спектроскопия на межумолекулните и вътрешномолекулните водородни връзки и межумолекулните взаимодействия в кондензираната материя.
- спектроскопични и електрооптични изследвания на термотропни течни кристали в нематична и смектична С фази.

На проф. Симова лабораторията “Оптика и спектроскопия” към ИФТТ дължи в голяма степен и високата квалификация на научните си кадри: общо 19 хабилитирани учени, от които 5 професора и 4 доктори на физическите науки.

Ефективната научно-изследователска и научно-организационна дейност на професор Симова създаде условия понастоящем успешно да се развиват модерни научни направления, като микро и нанофотоника, фотонни кристали, оптични влакна на базата на фотонни кристали, управлявани чрез течни кристали, нанокмполити от термотропни течни кристали и въглеродни нанотръби.

Но може би най-важно от всичко е това, че на 90 години проф. Симова е запазила бодр дух, прекрасно физическо състояние и жив интерес и съпричастност към хората, събитията и науката. Да й пожелаем още много години да се радва на живота и на своите многобройни внуци и правнуци.

Съюз на Физиките в България

ЧЛ.-КОР. ПРОФ. СТЕФАН КЪНЕВ НА 80 ГОДИНИ

В нашата страна физиката като фундаментална и приложна наука получава забележимо развитие в средата на миналия век. Това развитие е особено съществено след създаване на Физическия институт (ФИ) при Българската академия на науките (БАН) през 1946 г. и по-късно на други институти и научни звена с физическа тематика. За развитие на отделни физически направления във ФИ, ФИ с АНЕБ, ИФТТ и ЦЛ СЕНЕИ и на самите институти допринася научноизследователската и научно-организационна дейност на кор.-кор. проф. Стефан Кънев.

Стефан Кънев Кънев е роден на 17 август 1929 г. в София. След завършване на средното си образование в Пета софийска мъжка гимназия “Васил Левски”, където негов учител по физика е бъдещият проф. Тодор Василев, той записва и следва специалността “Физика” при Физико-математическия факултет на Софийския университет, която завършва с отличен успех през 1952 г. Като студент участва активно в кръжока по опитна физика и е демонстратор на лекциите по опитна физика на Тодор Василев и д-р Разум Андрейчин. Отначало е асистент по опитна физика във Факултета, а от 1957 г. е н.с. във ФИ и ст.н.с. от 1963 г. във ФИ с АНЕБ и като такъв ръководи сектора “Физични явления и полупроводници от типа АПВVI и прибори от тях” във ФИ и ФИ с АНЕБ. През 1968 г. е първият физик, който защитава докторска дисертация за научната степен “доктор на физико-математическите науки” на тема “Изследване върху електричните и фотоелектричните свойства на кадмиев сулфид и на прибори на негова основа”. Избран е за проф. във ФИ с АНЕБ през 1973 г., а през 2004 г. е избран за чл.-кор. на БАН.

Научноизследователската и научно-организационна дейност на проф. Стефан Кънев в областта на физиката протича в три институти на БАН: 1) ФИ и ФИ с АНЕБ (1957-1973), като е зам. директор на ФИ с АНЕБ за периода 1971-1972 г. и взема дейно участие при създаването на двата института – ИФТТ и ИЯИЯЕ; 2) ИФТТ (1973-1978), където е основател и зам. директор на Института, ръководител на сектор “Физически проблеми на оптоелектронните и функционални елементи” и на проблемна група по електролуминесцентни явления; 3) основател и директор е на ЦЛ СЕНЕИ (1978-1994), където ръководи и сектора “Фотоелектрично преобразуване на слънчевата енергия “за периода 1978-1994 г. Участва в проектиране и изграждане на сградата на Лабораторията.

Проф. Стефан Кънев участва като председател, зам. председател и член на много национални и международни научни прояви – школи, съвещания, конгреси, както и е председател на научните институти – Специализиран научен съвет по физика на кондензираната материя при ЕЦ по физика (1983-1988), НС на ЦЛ СЕНИ (1990– 1993) и Национален фонд “Научни изследвания” при МОНТ (1995– 1997). Той осъществява

лични и научни контакти с редица чуждестранни учени – Р. Х. Бюб от САЩ, С. В. Свечников, М. К. Шейкман и Н. Е. Корсунская от Киев, Украйна, Б. Попеску от Букурещ – Румъния. Във връзка с организиране на изследвания и практически проекти по слънчева енергетика, проф. Стефан Кънев посещава редица научни и научно-приложни центрове по хелиоенергетика в Гърция, Турция, Франция, Италия, Индия.

Научноизследователската и научно-приложна дейност на чл.-кор. проф. Стефан Кънев протича в областта на оптичните и фотоелектрични свойства на АПВ съединения и прибори на тяхна основа, както и по хелиоенергетика. Той е автор и съавтор на над 150 научни публикации в наши и международни списания, на две неофициално признати открития, на 26 признати изобретения и на редица научно-приложни приноси, свързани със създаване на редица прибори, покрития и материали. Разработените опитни изделия са внедрени с определен икономически ефект в редица индустриални предприятия: ЗЕПЕ, София; Комбинат “Микроелектроника” – Ботевград; ЗЗУ и ИП за сензори устройства – Пловдив; Завод “Лакпром” – София.

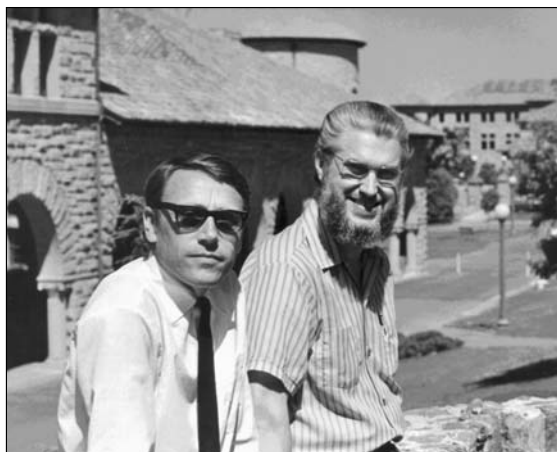
Чл.-кор. проф. Стефан Кънев е отличен за своята значима и разнообразна научно-изследователска, научно-приложна и научно-организационна дейност с редица метали, ордени и награди – юбилеен медал “Марин Дринов” – 100 години БАН (1869-1969), почетна значка на изобретателя (1970, 1972), орден “Кирил и Методий” – I-ва степен (1977, 1979), юбилеен медал “1300 години България” (1981), заслужил деятел на науката. Почетен член е на ИФТТ – БАН.

Чл.-кор. проф. Стефан Кънев е един от тези учени – изследователи и организатори на физиката в България през XX век – който остави забележими приноси, които допринасят българската физика да се приобщи и заеме достойно място в европейската и световна наука. За многостранната научна, приложна и организационна дейност на чл.-кор. проф.

дфмн Стефан Кънев може да се приведе мисълта на Йохан Волфганг Гьоте “Природата разкрива тайните си на знеци-те, можещите и компетентните”.

Пожелаваме на видния представител на физическата общност в БАН чл.-кор. проф. Стефан Кънев здраве и дълголетие, за да продължи своята творческа дейност.

**Александър Петров,
Крум Коленцов**
ИФТТ – БАН



Стефан Кънев и американският физик Рихард Бюб по време на неговото посещение в САЩ през 1971 г.

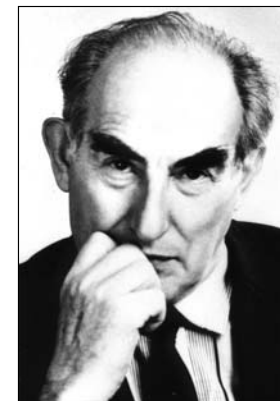
На 8 ноември 2009 г. почина световно известният руски физик **акад. Виталий Лазаревич Гинзбург (1915-2009)**. “Светът на физиката” е писал толкова много за него и публикувал толкова много негови текстове, че сега е трудно (и би било прибрзано) да се опитваме да обхванем живота и творчеството му от по-фундаментална гледна точка. Затова, по повод тъжното събитие публикуваме едно негово интервю, дадено пред Вл. Нузов (сп. “Вестник”, 14 февруари 2002), близо две години преди присъждането на Нобеловата награда по физика (2003).

“ТРЯБВА ДА УМЕЕМ НАВРЕМЕ ДА СЕ ОТДРЪПНЕМ...”

– Виталий Лазаревич, защо “сдадохте” семинара? Той ще бъде ли продължен от някой друг? [1]

– Нека кажа две думи за този семинар. Той беше организиран през 1955 г., отначало беше малочислен, постепенно нарасна, стана значително по-голям, повече или по-малко общоизвестен. Защо прекратих работата му? Много просто: нищо не е вечно под Луната. През октомври т.г. (2002 – бел. ред.) аз навърших 85 години, даже физически ми е трудно да го водя. Главата ми все още работи, наистина, без да съм уверен, че на сто процента. С една дума, всичко достига до своя край. На последния ни семинар аз прочетох спомените на драматурга Саул Алешин за Александра Яблочкина – съществувала е такава известна актриса, която доживяла до 98 години и се появявала на сцената едва ли не до последните си дни. Играла в кавички: внасяли са я на сцената в количка, произнасяла някаква фраза и я изнасяли. Разказах това и заявих, че не искам и мен да ме изнасят в количка: не искам да бъда Яблочкина. Това е принципна позиция: човек трябва да умее навреме да си отиде, а не да чака да бъде изнесен. Ние, бившите съветски хора, достатъчно пострадахме от това, че вождовете на болшевишката диктатура не искаха да се махнат своевременно. Не искам да следвам техния пример.

За продължаването на семинара – това е вече по-интересно. Предварително не бях предупредил никого за моето напускане, за да избегна излишните разговори, но смятах, че семинарът може прекрасно да продължи. Има установен ден и час: сряда, от 10 часа преди обяд; има и място: конференц-залата на ФИАН. Има и достатъчно хора, които посещават семинара. Аз се съгласих да посещавам семинарите, даже предложих да докладвам. А народът си пасуваше, което е много печално. Трябва да се работи, да се действа... Разбира се, основните трудности пред руската наука е липсата на пари, но искам да кажа, че мнозина се прикриват зад това. Всичко това беше



причина моят семинар да не бъде подет от други. Предложих 2-3 човека да го водят подред, да подготвят заседанията и т.н. Ентусиасти не се намериха. Смятам това за много лош симптом.

– А какво е състоянието на теоретичната физика днес?

– Оставам главен редактор на “Успехи физических наук”. Точно днес ще се занимавам с коректурите на моята статия “За някои успехи на физиката и астрономията през последните три години” [2]. Само през последните няколко години станаха две големи открития. Първото, свързано с неутриното. Оказва се, че съществуват нар. неутринни осцилации. Електронното неутрино, което се изпуска от Слънцето, по пътя частично се превръща мюонно неутрино, частично – в тау-неутрино, което беше доказано в канадската подземна обсерватория. Това е забележително откритие.

Второто голямо постижение на световната наука е доказателството, че нашата Вселена ускорява своето разширение. По стари представи тя трябваше да забавя разширението си, но не! Съществува “тъмна енергия”, която действа против гравитационната сила и ускорява разширението на вселената. Началото за разбирането на това явление (лямбда-члена, отчитащ “разлитането”) за пръв път дава Айнщайн през 1917 г. Освен тези две огромни постижения, съществуват и локални, например в астрономията. Онези, които се интересуват от тези неща, могат да ги намерят в спомената моя статия в “УФН”, кн. 32, 2002.

– Над какво работите днес, Виталий Лазаревич?

– Нищо ново не правя, но подготвям за превод на английски подобрен вариант на книгата ми “За науката, за мене и за другите”, чието второ издание на руски език се появи през 2001 г. В сравнение с него в готвеното английско издание ще можете да намерите статията ми за Вавилов, и няколко други нови статии. Какво се готвя да правя по-нататък? Имам много работа в списанието (“Успехи физических наук”, на който В.Г. е главен редактор от дълги години – бел. ред.), следя за успехите на физиката, но да се очаква от мен, в моите 85 години, някакво откритие, не се налага.

– Каква е вашата прогноза за развитието на науката в близкото бъдеще?

– Науката се развива блестящо. Имам предвид световната наука, част от която представлява и руската наука. Особено впечатляващи са успехите на биологията, но и във физиката стават интересни неща. Основният бич на руската наука е липсата на пари. Финансирането е намалено почти петнайсет пъти, заплатата е ниска, и ние сме принудени просто да преживяваме. Как да излезем от положението? Много наши сътрудници ходят по задгранични командировки, имат контакти, и това е добре. По време на съветската власт, колкото и негативно да се отнасям към нея, науката, по едни или други причини беше на високо ниво, с изключение на биологията. И до днес са запазени добрите висши учебни заведения: Московският държавен университет, Физико-Техническият университет, които както и преди, продължават да подготвят квалифицирани специалисти. Неслучайно, не за красивите им очи ги привличат на Запад, направо от ръцете ни ги откъсват. В известен смисъл ние готвим кадри за Запада, това е идиотизъм. А защо специалистите не остават у нас? Много просто.

Първо, много е трудно с жилището, второ – ниска заплата. Що се отнася до бъдещето на нашата наука, ако Русия успее да излезе от финасовата криза, ще тръгне нагоре и науката. Основания за това засега има. Ще дам пример с Германия. Когато на власт дойде Хитлер, поради неговите антисемитски и шовинистични нагласи, Германия загуби прекрасната наука, която не може да възстанови и до ден днешен! Немците във физиката бяха на първо място в света, днес САЩ ги е изпреварила с много. Точно такава е ситуацията днес у нас – науката не е разгромена, запазени са много кадри, много емигрирали ще поискат да се върнат, когато започне да им се плаща нормално. Но работата не е само в парите. Наблюдава се някаква апатия, науката в Русия престана да бъде престижна. Когато в Русия през 1956 г., за пръв път след спускането на желязната завеса, пристигна група първокласни западни физици, те бяха поразени от ентусиазма, с който нашите физици се нахвърлиха върху тях. Известният физик Фрийман Дайсън написа статия, в която си задаваше въпроса: как да се обясни ентусиазмът на тези хора? И той отговаряше: те нямат нищо друго! Дълго време ми се струваше, че Дайсън е прав: материално бяхме зле, моралната атмосфера е ужасна, а ентусиазмът – голям! Но сега разбирам, че той не е бил съвсем прав: ентусиазмът на нашите физици е обясним преди всичко с престижността на науката в онази тоталитарна държава. За някои това играе огромна роля, лично за мен тази престижност не струва пукната пара, аз обичам науката не поради това. По време на войната работех, мръзнейки, някъде около Казан, палех печката с отпечатъци от мои публикации... Като заключение: ако сработят и двата фактора – материален и морален, ние все още сме способни да направим много.

– Установихте ли тесни контакти с известни университетски центрове на Запад? Често ли ви се налага да излизате зад граница?

– През миналата година за пръв път бях в Германия за един месец. Изглежда им харесах и без всякаква инициатива от моя страна бях провъзгласен за “Хумболтов професорски стипендиант” – за половин година ми се полага пълна професорска заплата (тяхна), можеш да се занимаваш с каквото си щеш, само живееш в Германия. Така германците подпомагат своята наука. Канех се да замина през юни, паспортът ми беше готов, но не се чувствах добре и затова се отказах. Благодарен съм им за поканата, няма да хвърлям камъни в тяхната градина, но 85 години са си 85 години... И тук си имам интересна работа, за живеене доходът ми достига, за какво да ходя там? Само за пари?...

По съветско време често и важно за мен беше да излизам зад граница, но не ме пускаха. Сега границата е открита, но да се пътува вече ми е трудно. Последното ми пътуване беше през септември 2001 г., в Испания. Но това пътуване си има определена предистория. През 1945 г., направих първата си работа по сегнетоелектричество, след това публикувах и други статии по тази тема. Независимо от световното признание на тези работи, на нито един международен конгрес по тази проблематика не бях допуснат. През миналата година в Мадрид се състоя X конгрес по сегнетоелектричество и бях поканен като докладчик. В Германия не отидох, но в Испания, използвайки същата

шенгенска виза, събрах сили и отидох. И освен основния доклад, разказах и за Ландау и за развитието на физиката.

– Искам да Ви разпитам и за Вашата преподавателска дейност. Вие продължавате да завеждате катедрата по физика във Физтех?

– Да, и за съжаление, това не е хубаво. Поради възрастта ми трябваше отдавна да напусна, но винаги ме уговаряха да остана: “Напуснете ли – катедрата ще се разпадне!”. Бях принуден да остана...

– Физтех все още ли е на ниво?

– Той, както и преди, е един много силен институт, с висок конкурс и много добри работещи там учени. Проблемът, обаче, си остава: тези хора да не заминават или отидат на работа в бизнеса. Това, че науката беше престижна, имаше и обратна страна: в нея проникваха и случайни хора, даже мошеници. Дай сега на учените 1 000 долара на месец, към науката ще се насочи всеки, който пожелае, освен мързеливите. 100 долара е малко, 1 000 са много! Представам си млад човек със семейство: ако му дадете 300-400 долара на месец и квартира – той ще работи прекрасно. А който не иска да работи при такива условия – нека ходи в чужбина или в бизнеса...

Превод: Н. Ахабабян

Бележки

[1] – На 21 ноември 2001 г. на юбилейния 1700-ен семинар, В. Л. Гинзбург обявява, че разпуска “своя” семинар.

[2] – вж. “Светът на физиката”, кн.1, 2003.

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

EURO

BG 82 SOMB 9130 14 25109301

BIC SOMBBGSF

MUNICIPAL BANK PLC

BRANCH DENKOGLU

ЛЕВА

IBAN: BG 03 SOMB 9130 10 25109301

BIC: SOMBBGSF

ОБЩИНСКА БАНКА

КЛОН ДЕНКОГЛУ

ПРОФ. ДФМН ЦВЕТАН ВЪЛОВ (1941-2009)

На 13.12.2009 г. в Дубна почина професор дфмн Цветан Вълов, един от най-изтъкнатите български учени, работещи в областта на физиката на атомното ядро и елементарните частици. Роден е на 13. 07. 1941 г. в с. Лехчево, област Монтана, завършва Природо-математическата гимназия “Св. Климент Охридски” в родния си град и следва физика в Петербургския университет, където се дипломира през 1966 г.

Цветан Вълов започва научната си кариера в Дубна в Лабораторията за ядрени проблеми (ЛЯП), където преминава и цялата му научна кариера. Занимава се с проблеми на ядрената спектроскопия, под ръководството на българския физик проф. Желю Желев (1923-1988). С използването на германиеви и силициеви детектори за измерване на енергията на радиоактивните излъчвания започва нов етап в ядрената спектроскопия, където новаторският принос на Цветан Вълов е особено голям. Под негово ръководство са изследвани схемите на разпад на многобройни ядра. Важна област, на която Вълов посвещава особено внимание, е изучаването на ядра с кратък период на полуразпад чрез мащабен проект за краткоживеещи ядра, получавани в ядрени реакции на дълбоко разцепване при бомбардиране с протони с енергия 660 MeV. Проектът ЯСНАПП осигурява безценна нова информация на световната ядренофизична колегия.

Голям е приносът на проф. Цветан Вълов за решаване на фундаментални въпроси на съвременната физика като масата на неутриното чрез експерименти по измерване граничната енергия на бета-разпада, търсене на безнеутринен двоен бета-разпад, измерване на магнитния момент на неутриното.

Проф. Цветан Вълов е основоположник на ново направление на изследвания в ОИЯИ – неускорителна неутринна физика. Координатор е на 12 изследователски направления. Научната дейност на проф. Цветан Вълов намира отражение в над 300 публикации и множество монографии. Неговият атлас “Спектри на излъчването на радиоактивните нуклиди”, публикуван през 1980 г., е настолно пособие за две поколения спектроскописти.

Проф. Цветан Вълов е забележителен организатор на науката – ръководител на сектор, началник на отдел в ЛЯП, първия чужденец ръководител на лаборатория, тринадесет години е вицедиректор на ОИЯИ.

Проф. Цветан Вълов оказва неопценима помощ за подобряване на бита и за повишаване на научната квалификация на младото поколение български физици в ОИЯИ-Дубна. Лауреат е на много руски и български награди и отличия – действителен член на Международната академия по електротехника, почетен доктор на Пловдивския университет, златен медал на Физическото дружество на Полша и “Орден на дружбата” – най-високото руско отличие за чужди граждани.

Примерът му на всеотдаен учен и добротелен колега ще остане в спомена на всички, които са работили или дружили с него.

Съюз на физиците в България

ПРОФ. ДФН МАРИН ГЕОРГИЕВ МАРИНОВ (1930-2009)

На 17 юни 2009 г. ни напусна членът на българската физическа общност проф. дфн Марин Маринов – виден представител на ядрената физика и електрониката, изобретател и преподавател.

Марин Георгиев Маринов е роден на 9 март 1930 г. в с. Баш кьой, Румъния, в семейство на българи – преселници. Още като ученик, както в Румъния, така и в България впечатлява с огромната си любознателност, изобретателност и сръчност. Учи в гимназията на гр. Силистра и се интересува от радиолубителство и електротехника и за определен период завежда радиовъзела на града. През 1952 г. става студент във Физико-математическия факултет на СУ, който завършва през 1956 г. Веднага е назначен на работа във Физическия институт (ФИ) при БАН и от 1959 г. е н.с. Специализира ядрена електроноскопия във ФТИ “А.Ф. Йофе” – Ленинград (1959) и ядрена електроника в ОИЯИ – Дубна (1961). През 1968 г. участва в създаване във ФИ с АНЕБ на една от първите в света лаборатории по полупроводникови детектори на ядрени лъчения. От 1969 г. е ст.н.с. в ФИ с АНЕБ. През 1975 г. защитава в ИЯИЕ – БАН дисертация на тема “Някои проблеми на съвременните методи и средства за детектиране и спектрометриране на ядрени лъчения” и получава научната степен дфн. Освен това той е хон. асистент във ВХТИ и ВМЕИ и хон. преподавател – доцент в Университетите в Шумен и Пловдив. От 1984 г. става професор във МЕИ – София и завеждащ катедрата по физика, а по-късно създава и е директор на Института по приложна физика при Техническия Университет – София. Поколения български инженери и учители носят отпечатъка на блестящата му педагогическа дейност – интересни лекции, поднесени живо, достъпно и увлекателно, с широк спектър на практическа приложимост.

Марин Маринов провежда забележителна научно-изследователска и изобретателска дейност в областта на физика на кондензираната материя, ядрената електроника, ядрената спектроскопия, полупроводниковите детектори на ядрени лъчения, медицинска биофизика. Той е автор и съавтор на над 100 научни работи, публикувани в наши и чуждестранни списания и цитирани многократно в книги и публикации, на множество научно-популярни статии, на редица доклади, изнесени на научни прояви у нас и в чужбина, на 19 изобретения. Той е автор на учебника “Основи на електрониката и радиотехниката”, ДИ “Техника”, 1977 и на интересната книга “Смешното и тъжното. Извън шегите на физиците”, 1997. Освен това е съавтор на учебниците “Физика”, ДИ “Наука и изкуство”, 1987, “Ядрена електроника”, ДИ “Техника”, 1991 и “Физика” – част I и част II, ТУ – София, 1991.

За своята разнообразна творческа дейност проф. Марин Маринов е отличен с редица награди като “100 години БАН”, “1300 години България”, орден “Кирил и Методи” – II степен, медал “Климент Охридски”, награда “Роберт Кох”, паметен медал на Федерацията по космонавтика на Русия, почетен гражданин на гр. Силистра.

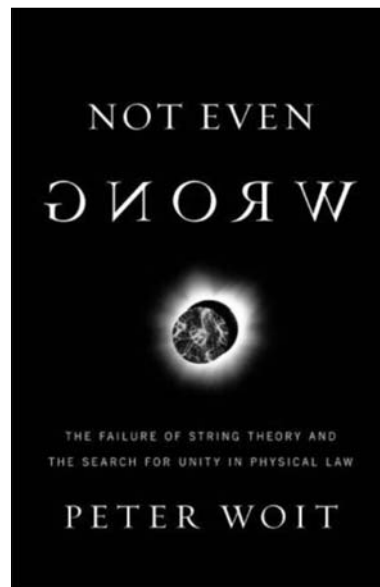
Проф. дфн Марин Маринов бе един забележителен и ерудиран учен – изследовател, изобретател и преподавател, оставил трайна следа в редица нейни направления.

Съюз на физиците в България

НЕ Е ДАЖЕ ПОГРЕШНА Неуспехът на струнната теория и търсенето на единство във физическите закони

Част I

Питър Войт



Кратки встъпителни бележки на преводача

“Научен съм да смятам, че основаните върху вяра системи, които не могат да бъдат проверени, не принадлежат към сферата на науката”.

Шелдън Глаشو

Тази година рубриката “Четиво с продължение” е посветена на (супер)струнната теория. По-точно на критичния анализ на тази теория.

Проверих колко статии на тази тема сме поместили през последните десетина години в нашето списание. Четиринадесет. Само една от тях е от български автор (И. Тодоров. *Имат ли суперструните алтернатива?* “СФ”, 2/2004, сс. 103-109). Останалите са преводни. Четирима от авторите са нобелисти.

На струнна тематика са и преведените на български две книги на Брайън Грийн (“Еlegantната вселена” и “Тъканта на космоса”), както и книгата на Мичио Каку “Паралелните вселени”. Можем убедено да приемем, че е назряло времето за равносметка – и то критична – на тази тема.

По едно съвпадение такава равностметка беше направена почти едновременно, през 2006, от двама автори: Лий Смолин (“*The Trouble with Physics*” – “Бедата с физиката” – New York, 2006; 396 pp.) и Питър Войт (“*Not even wrong*”, New York, 2006; 298 pp.). И двамата вече бяха публикували “пилотни” статии по въпроса, като статията на Смолин “Криза във фундаменталната физика” излезе в “СФ” 2/2007. П. Войт досега не е печатан в нашето списание.

Познавам двете книги (тук трябва да благодаря на доц. Анастас Анастасов за любезно предоставените ми печатни издания). Книгата на Смолин ми допада повече (струва ми се по-физична и по-обхватна). Но от нея трудно се отбират самостоятелни фрагменти. Книгата на Войт обръща повече внимание на математическите идеи (особено в първата половина), но има предимството, че е по-есеистична и от нея сравнително лесно се отбират тематично обособени части, без да се губи връзката между тях.

Питър Войт е математик и физик теоретик. Завършил е Харвардския университет през 1979 и е защитил докторат по теоретична физика в Принстънския университет. Преподавател е в математическия факултет на Колумбийския университет, Ню Йорк, по квантова теория на полето, диференциална геометрия, представяния на групи и др.

Книгата „Не е даже погрешна“ се състои от 19 глави и може условно да се раздели на две части. Първата част е въведение в основните представи: кратка история на експерименталната физика на елементарните частици (2), квантова механика (3), квантова теория на полето (4), калибровъчни симетрии (5), стандартен модел (6 + 7), проблеми на стандартния модел (8), необходимостта да се излезе извън рамките на стандартния модел (9), нови схващания в квантовата теория на полето и математиката (10).

Втората част (глави 11 – 19) ще бъде представена в четирите части на нашето “Четиво с продължение”. Показано е, че предлаганото от струнната теория развитие на стандартния модел става на твърде висока цена: поставени са под въпрос критерии за научност на една теория като този на Уилям Окам (13-14 в.; т.нар. “бръснач на Окам”: не трябва без нужда да се умножават същностите) или на Карл Поппър (теорията трябва да предсказва явления, от които експериментът да определи дали тя е вярна или грешна – т.нар. верифицируемост и фалсифицируемост на теорията).

Когато тези критерии са нарушени, теорията се оказва вън от сферата на научното търсене (виж мотото тук). Тогава става ясен смисълът на прочутата крилата фраза на В. Паули “*Nicht einmal falsch*” – „Не е даже погрешна“. За Паули това е най-висшата степен на отрицателен отзив (първата степен е “грешно”, а втората – “напълно грешно”).

Избраното от Войт заглавие на книгата е сигнал за тревога. Същото се отнася за книгата на Смолин.

ПРЕДГОВОР

През 2005 физиците от цял свят отбелязаха стогодишнината от революционните открития на Алберт Айнщайн от 1905. Тези открития бързо пораждат радикално нови и мощни физически теории за фундаменталната природа на материята и физическите сили. Към 1973 беше утвърдена извънредно успешната теория на физиката на елементарните частици (ФЕЧ) и на техните взаимодействия, наречена “стандартен модел”.

След 1973 нещата станаха много по-трудни за теорията на елементарните частици: все повече ставаха свидетелствата, че тази теория се превръща в жертва на своя собствен успех. Стандартният модел остави много открити въпроси на фундаменталната физика, докато последвалите експериментални резултати много точно се съгласуваха с модела и не подсказваха къде да се търси нещо по-добро. ФЕЧ навлезе в епоха, нямаща прецедент, и тя продължава и до днес. След няколко години ще разполагаме с резултатите от новия ускорител при Женева и можем да се надяваме, макар съвсем да не е сигурно, че те ще подскажат накъде трябва да тръгнем отвъд стандартния модел.

Към началото на 1980-те години във ФЕЧ бяха изследвани множество нови идеи за това как да се обясни по-добре и да се разшири стандартният модел. Една от тях беше твърде радикална, доколкото заменяше цялата представа за точкови елементарни частици с едномерни обекти, наречени “струни”. Теорията на струните приемаше, че те са твърде малки и при всички експериментални наблюдения ще изглеждат като точки. А за да приличат струните на познатите частици, беше създадена една по-сложна версия на струнната теория, наречена “суперструнна теория”.

Основната мотивация за суперструнната теория се основаваше на надеждата, че ще може да отговори на въпрос, водещ началото си от стандартния модел, а именно как да подходим към гравитационното взаимодействие. Айнщайновата обща теория на относителността (ОТО) представлява проста и красива геометрична теория на гравитацията, но при опит тя да бъде съчетана с квантовите принципи, върху които е основан стандартният модел, възникват някои технически проблеми. Отначало суперструнната теория привлече вниманието само на малцина физици, но нещата се промениха драматично след лятото на 1984, когато стана т.нар. “Първа революция в суперструнната теория”. Някои изчисления показаха, че в определени случаи потенциалните проблеми се елиминират. Това привлече вниманието на Едуард Уитън, водещата фигура в теорията на елементарните частици. Той започна интензивна работа по суперструни и това скоро получи широк отзвук. В рамките на година мнозина теоретици се присъединиха към него и суперструнната теория бързо се превърна в гореща зона на изследване.

ФЕЧ има дълга история на успехи, които отчасти се дължат на влиянието на неочаквани експериментални резултати. Суперструнната теория промени тази практика, като още в самото си начало не разполагаше както с експериментално потвърждение за суперструните, така и с възможности за експериментални предсказания. Теорията налагаше да се постулират множество допълнителни ненаблюдаеми измерения, като

при различни избори на свойствата на тези допълнителни измерения може да се получава всичко, което си пожелаем.

Забележително е, че липсата на предсказания, които да бъдат експериментално проверени, не накара теоретиките да се откажат от суперструнната теория. Точно обратното, възникна цяла нова област на изследвания, която почти не беше свързана с останалата физика. Голямата сложност и слабо разбраната природа на суперструнната теория създаваше много теми за теоретична работа, а заедно с това избягваше всяка възможност да се покаже, че дадена идея е грешна. Появиха се множество популярни статии и книги, та дори и телевизионни предавания, в които суперструните бяха представяни на широката публика.

Докато неуспехът на суперструнната теория като обединена теория на елементарните частици ставаше все по-очевиден, някои от нейните следствия вече можеха да бъдат разбрани по-добре. Но през последните години опитите да се свържат суперструните с реалността получиха твърде любопитен обрат. Мнозина от струнните теоретици стигнаха до убеждението, че суперструнната теория трябва по самата си същност да допуска астрономично голям брой физически възможности, така че трудно може да се разбере как теорията може да бъде проверена. При нормални обстоятелства такъв извод би накарал физиците да се откажат от подобна теория, но вместо това някои от теоретиките сметнаха това дори за добродетел. Тази “панорама” от възможности според тях оправдава прилагането на т.нар. “антропен принцип”. Възможно е ние да живеем в “мултивселена” от различни възможни светове и този, в който се намираме, има конкретните наблюдавани физически закони именно защото тези закони осигуряват необходимите за живот условия. Подобно мислене не води до проверими предсказания, а това по традиция се разглежда от физиците като извъннаучно.

Готовността на някои физици да се откажат от смятаната от повечето учени същност на научния метод доведе до тежки противоречия и разногласие в общността на суперструнните теоретици. Една част от тях смята, че има надежда теорията да се отърве от проблема на панорамата. Друга твърди, че физиците нямат друг избор и трябва да се откажат от мечтите за предсказваща теория, да продължат да изследват панорамата с надеждата, че нещо в нея ще позволи идеята да бъде експериментално проверена. Единственото общо между двата лагера е твърдият отказ да се признае урокът, който според конвенционалната наука трябва да си извлечем от подобна ситуация: ако една теория не може нищо да предскаже, тя просто е грешна и трябва да се опита нещо друго.

Една от темите на тази книга е описаната противоречива ситуация в суперструнната теория. Но наред с нея има и една много положителна история. При все че последните два века години бяха години на изпитания за физиката на високите енергии, те от друга страна бяха много плодотворни за взаимодействията между математиката и физиката. Използваната в стандартния модел математика е невероятно богата и това доведе до редица плодотворни идеи, които са от голямо значение за математиката. Докато струнната теория може да се окаже бедствие за физиката, тя от друга страна доведе до забележителни нови математически резултати. Макар тези нови идеи да са трудни

за обяснение и разбиране, в крайна сметка същественото постижение на последните трийсет години могат да се окажат те, а не суперструните, допълнителните измерения и мултивселените – въпреки широката им популярност.

В историята на физиката има само няколко примера за успешни теории, породени повече от стремежа към математическа красота и съгласуваност, отколкото от експерименталните данни. Един такъв ярък пример е Айнщайновата теория на гравитацията, основана върху сложни геометрични представи. Значително по-лесно е да се постига теоретичен напредък, когато експериментът ни подсказва в каква посока да се движим. Липсата на такъв експеримент означава просто, че трябва да се тръгне в по-трудна посока. През последните години теоретичната физика допринесе много за математиката; възможно е в бъдеще математиката да се отблагодари за тази услуга.

Глава 11. СТРУННАТА ТЕОРИЯ – ИСТОРИЯ

Дотук книгата в голямата си част представляваше възторжен разказ за научни успехи. В действителност описаните тук успешни идеи често са били развивани от малък брой учени, докато огромното мнозинство от техни колеги са следвали твърде различни изследователски програми, които в крайна сметка са били обречени на неуспех. С тази глава започва историята на някои от идеите, които не са се оказали успешни, но имат и до днес влияние в теоретичната физика. Читателите, които очакват вдъхновение от прочетеното, по-добре да спрат дотук и да се обърнат към по-оптимистичните разкази, каквито са тези на Брайън Грийн в “Еlegantната Вселена” и “Тъканта на космоса”, както и на Мичио Каку “Хиперпространство” и “Паралелни вселени”¹.

S-матричната теория

Още в ранните дни на квантовата теория на полето, през 1930-те години, проблемите с разходимостите пораждат ред предложения за алтернативи. Някои от тези предложения са основани на възгледа, че щом разходимостите се дължат на взаимодействията на полетата на много малки разстояния, трябва да се премахне схващането за полета, дефинирани във всички точки. Идеята е на малки разстояния полето да се замени с нещо друго, но никой не е можел да намери такова нещо, което би работило така успешно както квантовата теория на полето (КТП).

Мнозина от създателите на квантовата теория са били под силното влияние на виенската школа на логическия позитивизъм. Според последния науката трябва да се развива по такъв начин, че никога да не е нужно да се позоваваме на метафизични обекти, т.е. обекти, които не се възприемат пряко от сетивата. Тази идея допадала много на повечето физици при опитите им да овладеят новата квантова теория и да се справят с необходимостта да се откажат от ред класически представи, като например една частица да има определено положение и импулс. Подобни класически представи се смятали за метафизични и последователната квантова физика е изисквала да се избягват.

Във физиката на елементарните частици такава позитивистка теория е формулирана от Джон Уилър през 1937, а по-късно е развита от Хайзенберг през 1943. Тя става известна като S-матрична идеология, доколкото основната ѝ идея е, че теорията трябва да се изразява единствено в термините на матрицата на разсейване. Последната представлява математическата величина, която ни казва какво става, когато две първоначално много отдалечени една от друга частици се движат една срещу друга. Дали се отклоняват една друга, без да се променят, но се разбягват в различни посоки? Дали анихилират и създават други частици? S-матрицата отговаря на тези въпроси, а те съответстват точно на въпросите, които експериментаторите знаят как да изследват. КТП може да се използва за пресмятане на S-матрицата, но тя съдържа значително по-сложна структура от полета, взаимодействащи помежду си във всяка точка от пространството и времето. За разлика от КТП, S-матрицата не може нищо да каже относно това какво се случва, когато двете частици се сближават и тяхното взаимодействие се мени.

Паули е бил много скептичен относно S-матричните идеи на Хайзенберг и през 1946 отбелязва, че “Хайзенберг не предлага никакво правило или закон, който да определя S-матрицата в областта, където обичайната теория не успява поради добре известните разходимости. Така че засега това е празна схема.”

Според Паули S-матричната програма в действителност не решава никой от физическите проблеми, които са я мотивирали. Макар че програмата позволява да се избягва обсъждането на нещата на малки разстояния, откъдето се смята, че произтичат проблемите с разходимостите, тези проблеми пак остават в окончателните резултати от изчисленията.

Успехът на квантовата електродинамика (КЕД) в справянето с разходимостите елиминира една от мотивировките за S-матричната програма, но тя остана най-популярното мислене за силните взаимодействия до ранните 1970, когато е възходът на квантовата хромодинамика (КХД). Почти всеки е разбирал, че не е имало начин КТП да обясни непрестанно растящия брой на силно взаимодействащите частици. Към началото на 1960-те години водеща фигура в теорията на силните взаимодействия е Джефри Чу, който заедно със сътрудниците си в Бъркли и другаде развива вариант на S-матричната теория, наречен аналитична S-матрица. Тук “аналитична” означава, че на структурата на S-матрицата е наложено особено условие – условие за аналитичност за това как S-матрицата се изменя с изменението на началните енергии и импулси на падащите частици. Това условие изисква да се работи с енергии и импулси, които имат комплексни стойности. Свойството аналитичност на S-матрицата се изразява в определени уравнения, наречени дисперсионни съотношения. Чу и съмишлениците му смятаха, че наред с някои други общи принципи условието за аналитичност може да се окаже достатъчно, за да предскаже еднозначно S-матрицата. Към края на 1950-те години Чу нарича това схващане философия на зашнуроването (бутстрап). Благодарение на аналитичността взаимодействията на всяка частица с всички други по някакъв начин ще определя нейните собствени основни свойства, така че вместо да говори

за фундаментални частици, цялата теория по някакъв начин “ще се издига, теглейки шнуровите (bootstraps) на собствените си обувки”.

Към средата на 1960-те години Чу описва също така бутстрап идеята като ядрена демокрация: никоя частица не е елементарна, а всяка е съставена от другите. Тази демокрация е противопоставена на аристокрацията на квантовата теория на полето, в която има елементарни частици – онези, които съответстват на квантите на полетата. Към средата на 1960-те години никой в Бъркли не би пожелал да защитава аристокрацията. По това време кварковият модел се радва на голям успех при класифицирането на силно взаимодействащите частици и той е предизвикателство към идеите на Чу, тъй като е основан върху картината за кварките като фундаментални, а останалите частици като съставени от тях. През 1966 към края на една от книгите си по S-матрична теория Чу пита:

След като липсват експериментални данни за силно взаимодействащи аристократи, защо трябва да има съпротива срещу идеята за пълна ядрена демокрация? Другояче казано, защо кварките са популярни в определени кръгове?

Малко по-късно той почти отговаря на собствения си въпрос:

Третата причина някои хора да отричат динамично управляваната демократична структура на ядреното общество без елементарни частици, е това, че тя прави твърде труден живота на физиците. Ще трябва да дочакаме създаването на изцяло нова техника на анализ, преди тази ситуация да бъде изцяло осъзната,

което е друг начин да се заяви, че теорията не отговаря на очакванията. Дейвид Грос, който по това време е бил студент на Чу в Бъркли, си спомня как след като изслушал подобна лекция през 1966, той най-после осъзнал, че бутстрап програмата е “не толкова теория, колкото тавтология”.

Освен че включва фундаментални частици, кварковият модел дължи много от успехите си на прилагането на идеите за симетрия и нейното представяне. Привържениците на ядрената демокрация губеха битката не само спрямо елементарните полета, но и спрямо идеята за симетрия като фундаментален принцип. Предният цитат от Чу е от книгата му “*Аристокрация и демокрация, симетрии срещу динамика*”, в която той опитва да покаже, че връзката на симетриите с фундаменталните закони е много далечна. Тук под фундаментални закони се разбират постулираните свойства на S-матрицата, които управляват динамиката на теорията и нямат нищо общо с групите или с представянията. Разделянето на два лагера, съответно на симетрията и на динамиката, е отбелязано от Файнман, който, подчертавайки пристрастието на теоретиките на S-матрицата към дисперсионните съотношения (буквално “съотношения на разпръскване”; *бел. прев.*), подхвърля: “Има два типа теоретици по ФЕЧ – едни, които се събират в групи, и други, които се разпръскват”.

Господството на S-матричната теория беше интернационално – вероятно по-силно в Съветския съюз, отколкото в “Народна република Бъркли”. Според Грос: “В Бъркли,

така както в Съветския съюз, S-матричната теория господстваше и цяло поколение млади теоретици бяха възпитани в пълно невежество спрямо теорията на полето. Даже в по-умереното Източно крайбрежие S-матричната теория помете полето”.

Едно от последствията на всичко това беше ясно даже на студентите, които към средата на 1970-те години се опитваха да изучават квантова теория на полето. Докато за теорията на S-матрицата имаше множество нови книги, то най-скорошната книга по КТП беше тази на Бьоркен и Дрел², излязла преди десетина години и тя беше доста овехтяла, доколкото не включваше теорията на Янг и Милс.

S-матричната програма беше продължена и през 1970-те години, но нейните последователи престанаха да говорят за демокрация, а политическата левица в Бъркли се разпадна. Физикът Фритьоф Капра получава своя докторат през 1966 под ръководството на Валтер Тиринг във Виена, но към началото на 1970-те години се обръща към Източната религия, след като открива в нея дълбоки връзки с S-матричната теория. Неговата книга *“Дао на физиката”* беше за пръв път публикувана през 1975³. С предлаганите в книгата Източни идеи за динамичната взаимовръзка на всички неща, тя е в ярък контраст със Западните схващания за симетрия. Ето един пример:

Откриването на симетрийни закономерности в света на елементарните частици накара много физици да повярват, че тези закономерности отразяват фундаментални природни закони. През последните 15 години бяха положени много усилия да бъде намерена окончателната “фундаментална симетрия”, която да обхване всички познати частици и по такъв начин “да обясни” структурата на материята. Тази цел е израз на философско схващане, което е наследено от древните гърци и е развивано в продължение на много столетия. Симетрията, наред с геометрията, е играла съществена роля в гръцката наука, във философията и в изкуството, където тя е отъждествена с красота, хармония и съвършенство. . .

Отношението на Източната философия към симетрията е в ярък контраст с това на древните гърци. Мистичните традиции на Далечния изток често използват симетрични фигури като символи или като средства за медитация, но представата за симетрия не играе почти никаква роля в тяхната философия. Подобно на геометрията, тя се смята по-скоро за конструкция на разума, отколкото за свойство на природата, поради което няма фундаментално значение. . .

Както изглежда, търсенето на фундаментални симетрии във физиката на частиците е част от нашето елинистично наследство, което някак не се съгласува с общия светоглед, започнал да се оформя под въздействието на съвременната наука. Обаче поставянето на акцент върху симетрията не е единствената особеност на физиката на частиците. В противовес на “статичния” симетриен подход съществува “динамична” школа, която не разглежда симетричните характеристики като фундаментални свойства на природата, а се опитва да обясни тези свойства като следствие от динамичната същност и взаимовръзките в субатомния свят.

По-нататък Капра продължава, като в две глави обяснява неадекватността на квантовата теория на полето и чудесата на бутстрап философията. *“Дао на физиката”* е завършена през декември 1974, така че последиците от Ноемврийската революция, станала месец по-рано⁴ и довела до драматични потвърждения на стандартния модел, очевидно не са били осъзнати от Капра (както и от много други по това време). По-трудно е да се разбере нещо друго: книгата досега е претърпяла няколко издания и във всяко едно от тях Капра оставя недокосната вече съвсем овехтялата физика, включително в новите предговори и послеписи, където невъзмутимо се пренебрегват произтеклите събития. В предговора към второто издание от 1983 се заявява: “Изпитвах силно удовлетворение, че нито едно от последните събития не опровергава нищо от онова, което бях написал преди седем години. В действителност повечето от тях се предвиждаха в оригиналното издание”. Това твърдение е много далеч от истината, тъй като през 1983 стандартният модел е почти всеобщо приет, докато бутстрап теорията вече беше безжизнена идея. А послесловът съдържа направо ексцентрични и противоречащи на фактите твърдения като например: “КХД не беше особено успешна при описанието на процесите с участието на силно взаимодействащи частици”. В послеслова към третото издание, излязло през 1991, Капра пише възторжено за Чу:

[Той] принадлежи към поколение, което е различно от това на Хайзенберг и на другите велики създатели на квантовата физика и аз не се съмнявам, че бъдещите историци на науката ще оценят неговия принос към физиката на 20 в. така високо като тяхната. . .

Чу направи третата еволюционна стъпка във физиката на 20 в. Неговата бутстрап теория на частиците обединява квантовата механика и теорията на относителността в теория, която представлява радикален прелом в целия Западен подход към фундаменталната наука.

Дже в днешно време книгата на Капра с нейното налудничаво непризнаване на всичко, което е станало във физиката на елементарните частици, продължава да се продава във всички големи книжарници. Придружават я някои други книги на същата тема, като между тях изпъква тази на Гари Зукав *Танцуващите майстори на Ву-Ли*. Независимо от пълния си провал като физическа теория бутстрап философията продължава да съществува като част от един странен култ Нова ера (New Age), а неговите последователи категорично не признават случващото се в науката през последните години.

Първите струнни теории

Основната идея на бутстрап философията се изразяваше в надеждата, че наложеното върху S-матрицата условие за аналитичност, наред с някои други изисквания, би било достатъчно, за да я определи еднозначно. Проблемът с тази идея се състои в това, че съществува безкраен брой S-матрици, които удовлетворяват условието за аналитичност, така че останалите условия са от решаващо значение, но никой не

можеше да каже какви трябва да са те. Пресмятанятия бяха осъществени с помощта на пертурбационен ред на КТП, от който да се стигне до S-матрица, а тя после се изследва, за да се изясни дали някои от нейните свойства могат да се приемат като общи условия. Този метод никога не доведе до съгласуван начин за работа с теорията извън контекста на пертурбационното разлагане.

През 1968 физикът Габриеле Венециано забелязва, че една математическа функция, която за пръв път е изследвана през 18 в. от математика Леонард Ойлер и е наричана бета функция, има нужните свойства, за да описва аналитична S-матрица. Тази S-матрица се оказва доста различна от онези, които се получават от пертурбационните редове. Тя има свойството, наречено дуалност, което в този контекст означава, че при разглеждането ѝ по два различни начина се стига до извода за два различни вида поведение на силно взаимодействащите частици. Тази дуалност няма нищо общо с дуалността между електричното и магнитното полета⁵.

След 1968 тази дуална S-матрична теория е на гребена на вълната и голяма част от теоретичната общност работи върху нея. Към 1970 трима физици (Йоичиро Намбу, Ленард Съскинд и Холгер Нилсен) намират проста физическа интерпретация на формулата на Венециано. Те установяват, че тя може да се разглежда като S-матрица за една квантово-механична теория, която съответства на класическа механична система, в която частиците са заменени със струни. Струната се разглежда като едномерна структура в пространството, идеализация на положението, заемано от част от струна, намираща се в някаква конфигурация в тримерното пространство. Такива струни могат да са отворени, т.е. да имат два края, или да са затворени, т.е. двата им края да са съединени. Докато за определяне положението на една частица в пространството са нужни само три числа, определянето на положението на една струна се нуждае от безкрайно много числа – по три за всяка точка от струната.

Стандартната техника на квантовата механика би могла да се приложи към проблема за построяване на квантова теория на струната и през последвалите няколко години беше постигнато много за изясняването на съответните методи. Това е нелек проблем, но крайният резултат беше това, че физиците успяха да получат квантова теория на струната. Последната обаче беше свързана с два сериозни проблема. Първият се състоеше в това, че теорията беше приложима само за струна, намираща се в пространство и време с размерност двадесет и шест, а не четири. Вторият проблем беше, че в теорията се съдържа и тахион. Това е частица, която теоретически се движи по-бързо от скоростта на светлината, и появата ѝ в една квантова теория на полето говори, че теорията няма да бъде съгласувана. Работата е в това, че тахионите могат да пренасят информация назад във времето, като по този начин нарушават принципа за причинност. Когато в една теория причинността е нарушена, съществува опасност да се допусне някой да се върне обратно във времето и да убие своя прародител, като по такъв начин да превърне самото си съществуване в противоречие. Също така теориите с тахиони обикновено не съдържат стабилно вакуумно състояние, тъй като вакуумът може просто да се разпадне и да се превърне в тахиони.

Друг очевиден проблем на струнните теории беше в това, че те не включваха никакви фермиони. За да има връзка с реалния свят на силните взаимодействия, теорията трябва да реши този проблем. Първата струнна теория с фермиони е построена от Пиер Рамонд към края на 1970-те години. Той постига това, като обобщава уравнението на Дирак от неговия добре известен вариант с три пространствени променливи до случая на безкраен брой променливи, необходими за описанието на струна. През следващите няколко години мнозина физици работят върху струнните теории с фермиони и е установено, че този вид струнна теория може да се направи смислена в 10-мерно вместо в 26-мерно пространство на струната. Това още не са правилните четири измерения, но поне броят е по-близък.

По-нататъшните разработки показват, че един определен вариант на суперсиметрията е съществена част от струнната теория с фермиони. През 1971-1973 няколко групи откриват идеята за суперсиметрия в квантовите теории на полето с четири пространствено-времени измерения и тази нова симетрия е своеобразен квадратен корен от транслационната симетрия, включваща фермиони. Ако гледаме ивицата, помитана от движеща се струна, ще стигнем до двумерно пространство, наречено световна ивица на струната. Един от начините да разгледаме струнната теория е в термините на двумерните квантови теории на полето, дефинирани върху тези световни ивици. В ранните струнни теории е открито, че струнните теории с фермиони включват такъв вариант на суперсиметрията, който е аналог на четиримерната суперсиметрия, но в двете измерения на световната ивица. Фактически това именно е стимулът за едно от независимите открития на четиримерната суперсиметрия – това на Вес и Цумино през 1973. Сега този вид струнна теория е позната като суперструнна теория, макар че терминът влиза в употреба значително по-късно.

В продължение на няколко години тази ранна суперструнна теория е водещият кандидат за теория на силните взаимодействия. Много от физиците бяха силно впечатлени от нейните качества и от факта, че това е нова теория, която не е квантова теория на полето. Съскинд съобщава, че през ранните 1970 години “Дейвид Грос ми каза, че струнната теория не може да е грешна, защото нейната красива математика не би могла да е случайна”. Макар че струнните теоретици изпитваха все по-голяма загриженост, че теорията силно се различава от експерименталните резултати за дълбоко нееластично разсейване, струнната теория оставаше много популярна до откриването на асимптотичната свобода през 1973. Към средата на 1973 идеята на асимптотичната свобода вече беше набрала скорост и много от физиците бързо се оттеглиха от струнната теория и се пренасочиха към КХД.

Един от хората, продължили да работят върху суперструнната теория беше Джон Шуорц, който беше ученик на Чу и беше пристигнал в Калтех през 1972. Докато другите се прехвърлят към КХД, Шуорц продължава да изследва суперструните, тъй като е твърдо убеден, че “струнната теория е толкова привлекателно красива математическа структура, че не може да бъде без никаква връзка с природата”. Един от многото проблеми, които стояха пред суперструнната теория като теория на силните

взаимодействия, беше предсказаното от нея съществуване на силно взаимодействаща безмасова частица със спин две, която не беше наблюдавана. През 1974 Шуорц заедно с Джоуел Шерк изказват идеята, че тази частица трябва да се отъждестви с гравитона – кванта на гравитационното поле. Те допускат, че суперструнната теория би могла да се използва за създаването на обединена теория, включваща както полетата на Янг – Милс в стандартния модел, така и квантовополевата теория на гравитацията. В началото тази идея не е много популярна, но през следващите няколко години Шуорц и неколцина други продължават да я развиват, опитвайки се да я осмислят по-дълбоко. Към 1977 е показано, че в суперструнната теория вибрационните моди на суперструната, които са бозони, могат да се споставят на онези, които са фермиони, като при това става възможно да се отстрани отдавнашният проблем на тахиона. Това е също така указание, че суперструната притежава не само суперсиметрия върху двумерната световна ивица, но и отделна десетмерна суперсиметрия, подобна на тази на четиримерните суперсиметрични квантовополеви теории.

През 1979 Шуорц започва да си сътрудничи по суперструнната теория с британския физик Майкъл Грийн. През следващите няколко години те постигат значителен прогрес във формулировката на експлицитно суперсиметрична версия на теорията и в пресмятанятия с нейна помощ. През това време Шуорц все още е на щат в Калтех, но не е зачислен като факултетски преподавател. Фактът, че се занимава с такава немодна област, каквато е суперструнната теория, означава, че той не е обсъждан като възможен кандидат за щатен преподавател. Но много скоро както популярността на суперструнната теория, така и перспективите на Шуорц за щатна длъжност рязко ще се променят.

Първата революция в суперструнната теория

(Една основна фигура в по-нататъшния разказ е Едуард Уитън. Тук включваме откъс от гл. 10, посветен специално на елементи от неговата биография. – бел. прев.)

Едуард Уитън е роден в Балтимор, щата Мериленд, през 1951 в семейството на физика Луис Уитън, специалист по обща теория на относителността. В началните курсове на университета Брандайс интересите му са хуманитарни и той се насочва към история и лингвистика. През 1968 публикува статия в *Nation* върху липсата на политическа стратегия у Новата левица, а година по-късно отпечатва статия в *New Republic* относно впечатленията си от една комуна в Таос, щ. Ню Мексико. Завършва Брандайс през 1971, известно време стажува по икономика в университета на Уисконсин и през 1972 за кратко работи за неуспешната президентска кампания на Макгавърн. След като решава, че политиката не е за него, Уитън се записва през 1973 в програмата по приложна математика на Принстънския университет, но много бързо се прехвърля във физическия факултет. Това е малко след като там е открита асимптотичната свобода от Дейвид Грос и неговия докторант Франк Уилчек.

Талантът на Уитън за теоретична физика се изявява много скоро. Един от младите преподаватели във факултета там по онова време ми каза на шега: “Уитън срина

цял випуск от физици в Принстън”. Той искаше да каже, че за тези студенти е било много смущаващо, когато в горните курсове се появява човек, който даже не е минавал началното обучение, но за кратко време овладява материята и малко след това започва внушителна изследователска работа. Говорейки за Уитън, моят консултант по дисертацията Къртис Калън младши си спомни, че Уитън е накарал самочувствието на неговия консултант Дейвид Грос. Последният бил убеден, че единственият начин истински да се усвои физиката е да се правят изчисления и затова непрестанно давал на Уитън задачи, които според него се нуждаят от доста сложни пресмятания. Във всички такива случаи Уитън много скоро се връщал с готов отговор, който обаче бил получен въз основа на общи принципи, без да са правени никакви изчисления. Първата си изследователска статия Уитън завършва в края на 1975. Към момента, в който пиша този текст, броят на статиите му вече е 311.

След като защитава докторат в Принстън през 1976, Уитън отива в Харвард като стажант, а по-късно и като младши сътрудник. Репутацията му става широко известна и хората разбират, че в тази научна област се е появила нова звезда. Спомням си с благодарност неговата отзивчивост, когато отдели време да помогне на студент от началните курсове да изучи квантовополевата теория на Янг – Милс (макар че студентът трябваше да изучи още много други неща). През 1980 той се връща в Принстън и става щатен професор, като изцяло прескача обичайните етапи в кариерата на теоретик, която нормално включва след докторската защита десетилетие на стаж и на щатен асистент. Фактът, че Харвард допуска да го измъкнат изпод носа му и не прави всичко възможно да го запази за себе си, се смята от мнозина като една от най-големите грешки в историята на факултета. Уитън се премества в другия край на града и през 1987 става професор в Института за висши изследвания, където остава и досега – с изключение на двете години, през които неотдавна беше гостуващ професор в Калтех. Женен е за теоретичката Киара Напи, която сега е във физическия факултет на Принстън.

През 1982 фондацията Макартър избира Уитън за носител на една от първите си стипендии “за гении” и той вероятно е единственият човек, за когото практически всички в общността на теоретичните биха се съгласили, че заслужава да бъде наречен “гениален”. Носител е на множество почетни звания и награди, включително и най-престижната награда за математика – медалът Филдс, присъден му през 1990. Странната ситуация, когато най-талантливият физик теоретик получава математическия еквивалент на Нобеловата награда, но не самата Нобелова награда за физика, показва колко необичайна е личността на Уитън, а заедно с това и колко необичайна е станала през последните години връзката между математиката и физиката.

Когато бях дипломант в Принстън, веднъж излизах от библиотеката, а на десетина метра пред мен вървеше Уитън. Библиотеката се намираше под голяма площадка, свързваща сградите на математиката и физиката, така че когато изкачи стълбата, той за момент изчезна от погледа ми. Когато стигнах до площадката, той не се виждаше никъде, макар че входът на най-близката сграда беше доста по-далеч от десетина метра. Макар да допусках, че се движи значително по-бързо от мен, през ума ми

мина мисълта, че всичко това би могло да се обясни с идеята, че Уитън е извънземно същество от някаква по-висша раса, което, смятайки, че никой не го наблюдава, се е телепортирало в своя кабинет.

Шегата настрана, но постиженията на Уитън са най-вече комбинация на огромен талант и на извънредно упорита работа. Статиите му винаги са образци на яснота и дълбоко премисляне, на които малцина могат да съперничат. Всеки, който си е направил труда да вникне дори само в част от неговите трудове, смилено се убеждава колко много е успял Уитън да постигне. Заедно с това той е в освежаващ контраст с някои теоретици от предишното поколение, които са били много забавни, но често са изпитвали несигурност и невинаги са се отнасяли добре към околните.

* * *

През 1983 Уитън започва все по-силно да се интересува от теорията на суперструните. През април, на четвъртата от поредицата конференции по велики обединени теории, той изнася лекция относно перспективите за обединена теория, основана върху суперструни. Лекцията е само обзор на чужди работи, като например на Шуорц и Грийн, без да включва негови нови резултати. Без да е бил широко известен интересът на Уитън към този проблем, един от неговите ученици, Рейън Ром, вече работи върху суперструнната теория и публикува резултатите си през същата година.

Уитън смята, че теорията е изправена пред сериозен проблем. В зависимост от това как са дефинирани квантовополеви теории може да възникне калибровъчна аномалия, която да разруши калибровъчната симетрия на една теория. Това означава, че стандартните методи за осмисляне на теорията вече няма да работят. През 1983 Уитън е много загрижен относно калибровъчните аномалии и подозира, че те могат да породят противоречия в суперструнната теория. В статия върху калибровъчните аномалии, публикувана през октомври 1983, Уитън отбелязва, че пример за теория, в която въпросните калибровъчни аномалии взаимно си елиминират, е нискоенергетичната граница на една версия на суперструнната теория. Има няколко различни версии на суперструнната теория и тази с унищожаване на калибровъчната аномалия е наречена тип II. В тази версия на суперструнната теория няма възможност да бъдат включени полетата на Янг – Милс в стандартния модел, но съществува друга версия на суперструнната теория, наречена тип I, в която това е възможно. Въпросът дали в теорията от тип I също се съдържа калибровъчна аномалия все пак остава открит.

През пролетта на 1984 Грийн и Шуорц, работещи съвместно в Центъра по физика “Аспен”, който представлява нещо като летен лагер за физици, най-после успяват да изчислят аномалиите в теорията от тип I. Съществуват много различни версии на суперструнната теория от тип I и те установяват, че макар в почти всички версии на теорията да има калибровъчна аномалия, съществува една версия, в която аномалиите взаимно се унищожават. Това става за версията, в която групата на симетрия е $SO(32)$, т.е. ротация в 32-мерно пространство. Грийн и Шуорц вече са знаели от телефонен разговор с Уитън, че той много се интересува от този резултат, така че му изпратили копие от статията и едновременно я изпращат в списание *Physics Letters B*. Това е

било на 10 септември и причинената от статията бурна дейност по-късно става известна сред струнните теоретици като Първа суперструнна революция. Вероятно все пак реалната дата на тази революция трябва да бъде 28 септември, когато в същото списание постъпва първата статия на Уитън по теория на суперструните. Сама по себе си новината, че калибровъчните аномалии се анулират в определена версия на суперструнна теория от тип I, вероятно не би имала толкова драматичен ефект върху общността на теоретиците, ако не беше и новината, че Уитън е посветил цялото си внимание на тази идея.

В Принстън група от четирима физици (Дейвид Грос, Джеф Харви, Емил Мартинес и Райън Ром) бързо намират друг пример за суперструнна теория, в която калибровъчните аномалии се анулират. Наричат тази теория хетеротична суперструнна теория, като използват термин от генетиката, означаващ “хибрид”. По-късно четворката е наречена на шега “Принстънски струнен квартет”. Тяхната статия върху хетеротичната суперструнна теория постъпва в списанието на 21 ноември. Уитън е в друга група от четирима физици, която бързо разработва начин да се стигне до физиката на стандартния модел, изхождайки от хетеротичната суперструна. Тяхната статия се получава на 2 януари. През следващите няколко години огромна част от струнните теоретици започват да работят върху суперструнната теория. Много от тях имат опит с ранния вариант на теорията, предшестваш КХД, така че продължават от там, откъдето са спрели десетилетие по-рано. В базата данни за литературата по високи енергии се показва, че през 1983 е имало 16 статии по суперструни, 51 през 1984, 316 през 1985 и 639 през 1986. По това време изследванията върху суперструни напълно доминират и това положение продължава до днес.

Няколко са факторите, които обясняват това зрелищно пренасочване на изследванията по елементарни частици. Единият е, че към 1984 съществуват немного добри непроучени идеи, така че повечето физици търсят нещо ново. Другият е фактът, че за много от физиците суперструната не е нещо съвсем ново, тъй като в предишното десетилетие те са работили върху струнната теория. Все пак най-значителният фактор е Уитън, чието влияние във физиката е на върха си. Той твърдо вярва в теорията, работи много усилено върху нея и активно я пропагандира. Познавам не един физик, който през този период е отивал в Принстън, за да разговаря с Уитън относно своята неструнна теория само за да му кажат, че трябва да се откаже от нея и да се залови със суперструнната теория.

С какво хетеротичната суперструнна теория привлича такъв интерес? Подобно на всички суперструнни теории тя е теория на струни, движещи се в 10-мерно пространство-време. Описващите струната променливи имат допълнителна група на симетрия, състояща се от две групи на Ли E_8 . Докато другите групи на Ли имат геометрична интерпретация като групи на ротации на вектори с реални или комплексни координати, E_8 е една от петте изключителни групи на Ли, които нямат такава интерпретация.

Групата E_8 е най-голямата от петте изключителни групи и съответства на 248-мерно пространство на възможни трансформации на симетрия. Високата размерност и лип-

сата на геометрична дефиниция налагат пресмятанията с E_8 да се правят със сложни алгебрични методи, които са трудни и за математиците. Тази група е толкова голяма, че в нея лесно може да се вложи по-малката група $SU(5)$, използвана във великите обединени теории. Затова съществува надеждата, че хетеротичната струнна теория ще може да включи дадена велика обединена теория като своя нискоенергетична граница.

Но остава и по-сложният проблем за разликата между 10-мерното пространство-време, в което се формулира суперструната, и 4-мерното пространство-време на реалния свят. Може да се предполага, че на всяка точка от нашето 4-мерно пространство-време съответства ненаблюдаемо малко 6-мерно пространство, така че светът да има десет измерения, но само четири от тях са достатъчно големи, за да бъдат наблюдаеми.

Съществуват различни условия за непротиворечивост, които теорията би трябвало да удовлетворява. Един основен постулат изисква предсказанията на суперструнната теория да не зависят от конформните (запазващи ъглите) трансформации на двумерната световна ивица. Налагайки това условие и изисквайки суперсиметрия от теорията, можем да покажем, че 6-мерното пространство ще може във всяка точка да се опише посредством три комплексни координати, като неговата кривина трябва да удовлетворява определено условие. Последното може да се удовлетвори само от определен тип 6-мерни пространства. През 1957 математикът Еуженио Калаби предположи, че за да бъде удовлетворимо условието за кривината, трябва да се анулира определен топологичен инвариант; през 1977 това предположение беше доказано от Шинг-Тънг Яо. Сега пространствата, които удовлетворяват условието за кривината, в чест на двамата са наречени пространства на Калаби-Йо.

Предсказанията на хетеротичната струнна теория зависят силно от това кое пространство на Калаби-Йо сме избрали. През 1984 бяха известни само малък брой такива пространства, но в днешно време са построени стотици хиляди. Даже не се знае дали броят на Калаби-Йо пространства е краен или безкраен.

Всяко от тези вероятно безкрайно много Калаби-Йо пространства притежава огромен брой параметри, описващи неговите размери и форма.

През края на 1980-те и 1990-те години физиците положиха много усилия за построяването и класифицирането на нови видове Калаби-Йо пространства. Тези изследвания доведоха до значително взаимодействие между физици и математици – особено около проблемите на огледалната симетрия. През тези години беше извършена много работа върху двумерните квантовополеви теории и специално върху конформно инвариантните, тъй като именно те изникват при построяването на суперструнните теории.

Втората суперструнна революция

Към началото на 1990-те години интересът към суперструнната теория започна да намалява. Познати бяха пет вида непротиворечиви струнни теории:

1. $SO(32)$ теорията от тип I, за която анулирането на аномалиите беше открито през 1984.
2. Два варианта на суперструнна теория от тип II.

3. Хетеротичната струнна теория с две копия на E_8 симетрията.

4. Вариант на хетеротичната струнна теория с $SO(32)$ симетрия.

По различни технически съображения се смяташе, че E_8 хетеротичната струна е най-перспективната теория и в нейното изучаване беше вложена най-много работа. В своя лекция на конференцията по струнна теория в университета на Южна Калифорния през март 1995 Уитън разгърна забележителна поредица от предположения за това как тези пет теории са свързани помежду си. Той описва свидетелствата, натрупани през последните няколко години, според които между петте теории съществуват различни съотношения на дуалност. Посочва също така данни за взаимовръзка от дуален тип между струнни теории и теория на супергравитацията в единадесет измерения. Нека напомним, че теорията на супергравитацията е квантова теория на полето, основана върху една суперсиметрична версия на Айнщайновата обща теория на относителността. Тя има проблеми с ренормиранката и единадесетте измерения са най-големият брой пространствено-времени измерения, в които може да бъде непротиворечиво построена. През 1993 Уитън беше показал, че опитите да бъде използвана тази теория като обединена теория, в която седем от измеренията са по предположение малки, се натъква на проблеми, възпроизвеждащи огледално асиметричната природа на слабите взаимодействия.

В мрежата от нови предположения на Уитън критична роля играе това за съществуването на нова суперсиметрична 11-мерна теория. Това трябваше да бъде теория, чиято нискоенергетична граница е супергравитацията, но при по-високи енергии съдържа нови неща, които не могат да се описват посредством квантови полета. За да има нужните свойства, удовлетворяващи неговите предположения, теорията трябва да има не едномерни струни, а дву- и петмерни “ p -брани”. Тук p означава някакво неотрицателно цяло число, а p -брана е p -мерно пространство, което може да се движи вътре в 11-мерното пространство. Струната е 1-брана, а 2-брана е двумерна повърхност, движеща се в 11-мерно пространство. Можем да си представяме такава двумерна повърхност като мембрана, а това именно е произходът на термина “брана”.

Още от ранните дни на струнната теория някои от физиците изследваха възможността на мембранните теории, които биха били теории на фундаментални обекти с по-висока размерност в сравнение с едномерната струна. Опитите да се построят теории от такъв вид по аналогия със струнната теория не бяха особено успешни, тъй като възникваха технически проблеми, които и досега изглеждат неразрешими. Така че 11-мерната теория не може да се построи просто по аналогия със струнната теория, а можем по-скоро да се надяваме за една напълно нова теория, която по неизвестни причини може да описва 2-брани и 5-брани. Уитън нарече тази предполагаема теория М-теория, обяснявайки, че “М може да означава магия, мистерия или мембрана – в зависимост от вкуса”. След 1993 бяха положени много усилия да бъде изяснена същността на М-теорията, но без особен успех. В най-успешния опит се използват безкрайномерни матрици, така че названието “матрична теория” също може да обяснява смисъла на М. Формализмът на матричната теория работи само за определени специални геометрии

на 11-мерното пространство и конкретно не работи във физически адекватния случай, когато четири измерения са големи, а останалите седем са много малки.

Най-грандиозното предположение на Уитън от 1995 гласи, че съществува една основна теория, която в шест специални гранични случая се редуцира до петте познати суперструнни теории и до неизвестната М-теория. Тази неизвестна обща теория често пъти също е наричана М-теория, като този път М означава “майка” – намек за “майка на всички теории”. В една телевизионна поредица от лекции Глашоу се шегува по повод струнната теория, че М е преобърнатата първа буква от името на Уитън (Witten). В същото ТВ предаване Уитън казва: “Някои твърдят, че М иде от “мрак”, намеквайки за твърде примитивното ниво на тази теория. Дали не сбърках, че ви казах това?”.

В днешно време няма даже предположение какво представлява тази теория. Формулировката на общото предположение за съществуване на М теория, както и по-конкретните предположения относно дуалностите, създадоха огромна работа на много физици. Понякога за разгара на тази работа през 1995 се говори като за Втора суперструнна революция. От този етап нататък названието “суперструнна теория” се оказва неподходящо, доколкото се изучават части от една много по-широка теория, която съдържа не само струни, но и *p*-брани. Затова понякога казват “теорията, която по-рано се наричаше струнна”.

Последни тенденции

През ноември 1997 се появи статия от Хуан Малдасена, съдържаща нова идея, която стана доминираща в струнната теория. Наричат я различно: било като предположението на Малдасена, било като АДП/КПТ предположение. Това предположение налага съотношение на дуалност между две много различни теории в две различни размерности. Едната от теориите е четимерна суперсиметрична версия на квантово-полевата теория на Янг – Милс, т.е. с четири различни суперсиметрии. Дълго време се смяташе, че това е особена квантовополева теория, тъй като е мащабно инвариантна. С други думи теорията съдържа само безмасови частици, а следователно няма какво да определя мащаб на разстояние или на енергия. Тази мащабна инвариантност подразбира също така конформна инвариантност, т.е. инвариантност спрямо четимерни изменения на координатите, които не променят ъглите. Конформната инвариантност води до конформна полева теория, което обяснява частта КПТ в акронима горе.

Теорията, която дуалността съотнася с КПТ, е теория на суперструните, но вече в 5-мерно пространство от особен тип. Това пространство (или неговият 4-мерен аналог) е познато на онези, които се занимават със закривените пространства на общата относителност, като Анти-ДеСитерово Пространство – по името на холандския математик Вилем де Ситер, който е изучил този вид пространство в началото на 20 в., но с обратен знак за кривината, откъдето и “анти”. Употребата на Анти-ДеСитерово пространство обяснява първата част на горния акроним. Анти – Де Ситеровото пространство е петмерно с безкрайни размери, а предположението АДП/КПТ твърди, че теорията на суперструните, движещи се в него, има дуална връзка с 4-мерната КПТ,

описана по-горе. Така че дуалността има трудното за разбиране свойство да свързва струнна теория в 5 измерения с квантовополева теория в 4 измерения. Предполага се, че четирите измерения в някакъв смисъл са 4-мерното пространство на посоките, в които е възможно неограничено отдалечаване от коя да е точка на анти-Де Ситеровото пространство. Понякога този вид дуалност се нарича холографска – точно както холограмата е двумерна кодирана информация за тримерен обект. Тук квантовополева теория в четири измерения кодира информация за събития в пет измерения.

Тъй като става дума за суперструни в пет неограничени измерения, идеята за АДП/КПТ очевидно не ни помага да научим нещо относно интересувания ни случай, а именно за четири неограничени измерения. Надеждата е, че предположението ще може да се обобщи, конкретно до случая, когато съответната четимерна квантово-полева теория не е конформно инвариантна суперсиметрична теория на Янг – Милс, а е вероятно КХД – теорията на Янг-Милс без суперсиметрии. Ако е така, това би дало конкретна реализация на отдавнашната надежда, че може да съществува някакъв вид струнна теория, която е дуална на КХД квантовополева теория. Тогава можем да се надяваме, че в тази дуална теория ще бъдат възможни изчисления, които най-после ще дадат отговор на въпроса за поведението на КХД на големи разстояния.

Обемът на извършената през последните седем години работа върху предположението АДП/КПТ е направо забележителен. До днешния момент (пролетта на 2006) в статии по физика на високите енергии има 3 944 цитирания на първата статия на Малдасена. В историята на ФЕЧ има само две по-интензивно цитирани статии, като и в двата тези случая големият брой цитирания се дължеше на факта, че статиите са върху предмети на много активни експериментални изследвания. Подобно масирано внимание не е получавала никоя друга спекулативна идея без доказана връзка с реалността.

От 1998 сред теоретичите доби голяма популярност още една идея, наречена “сценарии на бранния свят”. Първоначалните суперструнни или М идеи за построяване на обединена теория приемат, че от десетте или единадесетте измерения, изисквани от теорията, четири са познатите пространствено-времеви, а останалите шест или седем са много малки. В сценария на бранния свят някои или всичките шест или седем измерения могат да бъдат много по-големи в сравнение с първоначалната картина, като се смята, че съществува някакъв механизъм, затварящ полетата на стандартния модел в наблюдаемите четири измерения и препятстващ разпростирането им в другите измерения. Посредством подходящ избор на размерите и свойствата на тези допълнителни измерения можем да построим модели, в които съществуват наблюдаеми ефекти при планирани или мислими енергетични мащаби в ускорителите.

През последните няколко години мнозина от теоретичите се отказаха да изясняват струнните теории и се преместиха към космологията, като създадоха новата област “струнна космология”. Централен проблем в космологията е физиката на много ранната Вселена и астрономите постигнаха през последните години голям успех с наблюденията, които много проясниха този въпрос. Струнните космолози се надяват, че с помощта на суперструнната теория може да се направят предсказания относно

извънредно високите енергетични мащаби, които трябва да са играели роля в много ранната Вселена.

Накрая най-новото течение в суперструнната теория се върти около изучаването на т.нар. панорама на огромния брой възможни решения на теорията. Това положение поражда разгорещени спорове дали подобен метод на изследване не представлява пълен отказ от традиционните възгледи за смисъла на теоретичната наука. По-нататък ще обсъдим подробно този странен поврат в научното мислене.

Предположенията за дуалност и за М-теорията на втората суперструнна революция включват интересни въпроси относно геометрията и топологията на пространства с висока размерност и дадоха тласък на някои нови идеи в математиката. От друга страна сценариите на бранния свят, струнната космология и панорамните изследвания, които през последните години изиграха много важна роля в теорията на частиците, всички те съдържат изчисления, за които се използва само най-традиционната математика на диференциалните уравнения. Тясната и плодотворна връзка между математиката и теоретичната физика, така характерна за 1980-те до средата на 1990-те години, продължава, но интензитетът ѝ започна да намалява заедно с растящото влияние във ФЕЧ на споменатите горе тенденции.

Бележки на преводача

1. Повечето преведени и на български

2. Дж. Бьоркен, С. Дрел, *“Релативистка квантова теория на полето”*. Преведена и на български, но с огромен брой печатни грешки.

3. Има и български превод.

Виж по този повод статията на А. Поликаров *“За източния мистицизъм като вечна философия”* (“СФ”, 22/99 № 1, с. 63) и препечатания от книгата на Л. Ледерман и Д. Теръси *“Частичката Бог”* коментар *“Танцуващите майстори на му-шу”* (“СФ”, 22/ 99, № 1, с. 73).

4. Първият голям успех на стандартния модел е свързан с експерименталното откриване през ноември 1974 на частицата J/Ψ (групата експериментатори в Брукхайвън наричат частицата J, а тези в Станфорд – Ψ). Това събитие и последствията от него стават известни като “Ноемврийска революция”.

5. Уравненията на Максвел във вакуум запазват вида си при размяната на електричното и магнитното полета. Това свойство се нарича дуална симетрия (вж. Статията на Е. Уитън, *Дуалност, пространство-време и квантова механика*, отпечатана в *“Светът на физиката”*, № 2 ,2001, с. 117.)

(Peter Woit. *“NOT EVEN WRONG. The failure of string theory and the search for unity in physical law”*. Basic books, New York, 2006)

Подбор и превод (с малки съкращения): **М. Бушев**

Нашиите автори:

Александър Гротендик – проф. д-р, „Университет Монпелие“, Франция

В. А. Рубаков – професор, ИЯИ, РАН

Ленард Съскинд – професор, Университет Станфорд

Иван Тодоров – акад. д.ф.н., – ИЯИЯЕ, БАН

Динко Динев – ст.н.с. д-р, ИЯИЯЕ, БАН

Ангел Стефанов – проф. д.ф.н., – ИФИ, БАН

Олег Йорданов – ст.н.с. д-р, ИЕ, БАН

Питър Войт – проф. д-р, Колумбийски университет

В книжка 2/2010 г. на “Светът на физиката” четете:

Д. В. Ширков – Спомени за Николай Николаевич Боголюбов

Н. Ахабабян – Нелегалният академик Коля Дмитриев

М. Чалмърс – Струнна панорама

Вл. Успенски – Проблем за милион долара

Л. Смолин – Пред лицето на непълната информация

Фр. Дайсън – Проблемът глобално затопляне

О. Максименко – Огледалната материя

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 1'2010

СЪДЪРЖАНИЕ

НАУКАТА

- Д. Динев – Големият адронен колайдър (LHC) започна работа
- В. А. Рубаков – Йерархията на фундаменталните константи
- Ленард Съскинд – Дарвиновото завещание

ИСТОРИЯ

- И. Тодоров – Александър Гротендик – математик, бунтар, отшелник
- Александър Гротендик – Прощаване или: сред чужденците

ФИЗИКА И ФИЛОСОФИЯ

- А. Стефанов – Разбираем ли е квантовият свят?

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

- 100 години от рождението на академик Н. Н. Боголюбов
- О. Йорданов – Физика на конкуренцията и конфликтите

ФИЗИКА И ОБЩЕСТВО

- К. Сейгън – Пришълците

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

- Р. Конова, В. Ангелска – Физиката и животът около нас

НАУКА И ОБЩЕСТВО

- М. Бушев – За съобразената пътна скорост и за несъобразеното обучение по физика

КНИГОПИС

- Н. Ахабабян – Търси и ще намериш
- С. Рашев – За науката и религията

PERSONALIA

- Проф. д-р Параскева Симова на 90 години
- Член-кор. Стефан Кънев на 80 години

IN MEMORIAM

- акад. Виталий Л. Гинзбург (1915-2009)
- Проф. дфмн Цветан Вълков (1941-2009)
- проф. дфмн Марин Маринов (1930-2009)

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

- Питър Войт – Не е даже погрешна – I част

THE WORLD OF PHYSICS 1'2010

CONTENTS

THE SCIENCE

- D. Dinev – The Large Hadron Collider (LHC) is functioning 1
- V. A. Rubakov – Hierarchies of fundamental constants 14
- Leonard Susskind – Darwin's Legacy 27

HISTORY

- I. Todorov, Alexander Grothendiek – a mathematician, a rebel and a recluse 32
- Alexander Grothendiek – Farewell or: living with strangers 58

PHYSICS AND PHILOSOPHY

- A. Stefanov – Is the Quantum World Understandable? 62

SCIENTIFIC LIFE

- Acad. Bogoliubov's centennial anniversary 70
- O. Yordanov – Physics of Competition and Conflicts 71

PHYSICS AND SOCIETY

- C. Sagan – The Aliens 74

PHYSICS AND TEACHING

- R. Konova, V. Angelska – Physics and Life Around us 78

SCIENCE AND SOCIETY

- M. Bushev – About the Appropriate Road Speed and the Inappropriate Physics Teaching 86

BIBLIOGRAPHY

- N. Ahababyan – Seek and You will Find 88
- S. Rashev – About Science and Religion 92

PERSONALIA

- Prof. Dr Paraskeva Simova – 90 years old 95
- Corr. Member Stefan Kunev – 80 years old 97

IN MEMORIAM

- Acad. Vitaly L. Ginsburg (1915-2009) 99
- Prof. Dsc Tsvetan Vulov (1941-2009) 103
- Prof. Dsc Marin Marinov (1930-2009) 104

SERIAL

- Peter Woit – Not even Wrong – Part I 105

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

том XXXIII, кн. 1, 2010 г.

Издание на Съюза на физиците в България

http://old.inrne.bas.bg/wop/wop_1_2010/

(със спомоществателството на Българска академия на науките)

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Нъшан Ахабабян <ahabab@inrne.bas.bg>

ЗАМЕСТИНИК ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Михаил Бушев <m_bushev@abv.bg>

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Милен Замфиров <worldofphysics@abv.bg>

ЧЛЕНОВЕ

Валери Голев <valgol@phys.uni-sofia.bg>

Георги Граховски <grah@inrne.bas.bg>

Динко Динев <dinnet@inrne.bas.bg>

Людмил Вацкичев <Lyuvats@phys.uni-sofia.bg>

Никола Балабанов <Balaban@pu.acad.bg>

Олег Йорданов <oleg.yordanov@gmail.com>

Светослав Рашев <rashev@issp.bas.bg>

Ганка Камишева <gkamish@issp.bas.bg>

ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР

Снежана Йорданова <upb@phys.uni-sofia.bg>

ВОДЕЩ БРОЯ: Олег Йорданов

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Nashan Ahababjan

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Michael Bushev

EXECUTIVE SECRETARY

Milen Zamfirov

MEMBERS

Valeri Golev

Georgi Grahovski

Dinko Dinev

Liudmil Vatzkitchev

Nicola Balabanov

Oleg Yordanov

Svetoslav Rashev

Ganka Kamisheva

TECHNICAL SECRETARY

Snejana Iordanova

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

1164 София,
Бул. Джеймс Баучер № 5

☎ 862 76 60
e-mail: worldofphysics@abv.bg

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bourchier Blvd,
1164 Sofia

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева

Дадена за печат на 1 март 2010 г.

ПЕЧАТНИЦА "ГИТАВА" — СПОНСОР НА "СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА"

бул. Цариградско шосе 72