

Шон Карол

ЧАСТИЦА НА КРАЯ НА ВСЕЛЕНАТА

Как търсенето на Хигс-бозона ни доведе
до прага на един нов свят

София, 2014

Преводът е направен по изданието:

SEAN CARROLL

THE PARTICLE AT THE END OF THE UNIVERSE

**How the hunt for the Higgs boson
leads us to the edge of a new world**

DUTTON

Всички права запазени. Нито една част от тази книга не може да бъде размножавана или предавана по какъвто и да било начин без изричното писмено съгласие на издателство „Изток-Запад“.

Copyright © 2012 By Sean Carroll

© Владимир Божилов, превод, 2014

© Издателство „Изток-Запад“, 2014

ISBN 978-619-152-374-0

**ШОН
КАРОЛ**

**ЧАСТИЦА
НА
КРАЯ
НА
ВСЕЛЕНАТА**

КАК ТЪРСЕНЕТО НА ХИГС-БОЗОНА НИ ДОВЕДЕ
ДО ПРАГА НА ЕДИН НОВ СВЯТ

Превод от английски
Владимир Божилев



*На мама, която ме заведе
в библиотеката*

Съдържание

Въведение	7
Глава първа	Смисълът 15
Глава втора	Почти божествено 29
Глава трета	Атоми и частици 49
Глава четвърта	История на ускорителя 69
Глава пета	Най-голямата машина, създавана някога 91
Глава шеста	Мъдростта на разрушението 109
Глава седма	Частици във вълните 133
Глава осма	През ступено огледало 155
Глава девета	Джакпот! 183
Глава десета	От уста на уста 211
Глава единадесета	Нобелови мечтания 235
Глава дванадесета	Отвъд хоризонта 271
Глава тринадесета	Защо си струва? 299
Приложение 1	Маса и спин 315
Приложение 2	Частици в Стандартния модел 325
Приложение 3	Частици и техните взаимодействия 331
Допълнителна литература.....	343
Библиография	344
Благодарности.....	351
Показалец.....	353

*Хората подценяват въздействието
на новата реалност.*

Джо Инкандела,
говорител на експеримента CMS в ЦЕРН

Въведение

Джоан Хюит се чувства леко не на себе си, докато говори ентусиазирано широко усмихната пред обектива на камерата. Откъм гостите на партито в Швейцарското консулство в Сан Франциско се долавят приглушени възбудени коментари. Присъстваме на уникално събитие, което отбелязва тържествено първите протони, направили една обиколка в подземния тунел на Големия адронен ускорител на частици – ГАУ¹ (Large Hadron Collider, LHC) под Женевското езеро. LHC е гигантски ускорител на частици, лежащ дълбоко под границата между Франция и Швейцария. Току-що е започнал мисията си – да търси най-дълбоките тайни на Вселената. Шампанското се лее и има защо. Гласът на Хюит се повишава, докато набляга на думите: „Чаках за този ден цели двадесет. И пет. Години.“

Величествен миг. В онзи момент през 2008 г. физиците най-сетне успяха да постигнат онова, за което дълго време настояваха, че е необходимост – ако искаме да направим следващата крачка напред в науката, трябва да имаме гигантски ускорител на частици, който ще сблъсква протони при много високи енергии. На времето всички мислеха, че САЩ ще направи подобна съоръжение. Но нещата не се развиваха според очакванията. През 1983 г. Хюит тъкмо започвала висшето си образование, когато Американският Конгрес одобрява изграждането на Свърхпроводимия супер ускорител – ССУ (SSC – Superconducting Super Collider) в

¹ LHC всъщност означава Голям адронен „колайдер“, т.е. „сблъсквач на ускорени снопове частици“. В текста на книгата обаче, освен там където изрично се налага да направим разлика между колайдер и обикновен ускорител в исторически план, ще бъде използвано по-правилната българска терминология Голям адронен ускорител на частици (ГАУ). (Всички бележки под линия са на преводача.)

Тексас. Датата за старт е планирана през 2000 г. SSC щял да бъде най-големият ускорител на частици, построяван някога. Хюит вярвала, подобно на много други брилянтни и амбициозни физици от нейното поколение, че откритията с този суперускорител ще бъдат основата на нейната научна кариера.

Само че SSC е прекратен. Това дърпа килимчето изпод краката на учените, които разчитали, че експериментите в него ще дадат насока на развитието на ядрената физика за десетилетия напред. В цялата история се намесват още политика, бюрокрация и вътрешни съревнования. Сега имаме LHC – много близък до онова, което SSC би могъл да бъде, и най-после ще бъде стартиран. Хюит и колегите ѝ са повече от готови. „Всичко, което направих през последните 25 години, беше да взема всяка една налудничава теория, която някой някога е измислил, и да пресметна нейния отпечатък [т.е. как да идентифицираме нови частици] в SSC и LHC“, казва тя.

Но Джоан Хюит се чувства не на себе си и по още една причина. На видеозаписа нейната червена коса е много къса, почти нула номер. Това не е модна прищявка. По-рано същата година тя е диагностицирана с инвазивен рак на гърдата, като шансът за терминален изход е 20 процента. Подлага се на изключително агресивна програма за лечение, която включва рязка химиотерапия и сякаш безброй хирургически операции. Нейната запазена марка – дългата чак до кръста червена коса – бързо изчезва. По-някога, разказва Джоан през смях, тя повдигала духа си с мисълта за това, какви нови частици бихме открили в LHC.

С Джоан се познаваме от години и като приятели, и като колеги. Моята научна експертиза е основно в космологията – науката за Вселената като цяло. Наскоро тя навлезе в истинска златна ера – благодарение на новите данни и изненадващите открития. Във физиката на елементарните частици, превърнала се в неразделна част от космологията като интелектуална дисциплина, се усещаше изключително голяма липса на нови експериментални резултати, които да допълнят теоретичните ни познания и да доведат до нови идеи. Това напрежение се беше трупало в продължение на много време. На същото парти друг физик – Гордън Уотс от Университета Вашингтон – беше попитан дали дългото очакване на LHC е било стресиращо. „О, да, абсолютно. Имам си тук един кичур бяла коса. Жена ми твърди, че е заради детето ни, но истинската причина е LHC.“

Физиката на елементарните частици е на прага на нова ера, в която ще се сгромолясват теории, а други може би ще се окажат съвсем точни. Всеки от учените на партито си има свой любим модел – бил той Хигс-бозоните, суперсиметрията, техникolor¹, допълнителни измерения, тъмна материя, все екзотични идеи с фантастични последици. „Надявам се LHC да не намери нищо от вече познатото ни – споделя Хюит. – Честно казано, мисля си, че ще е изненадващо, защото смятам, че Природата е по-мъдра от нас и че тя все още крие няколко изненади. А ние ще се забавляваме ужасно много, докато се опитваме да разберем всичко. Ще бъде наистина страхотно!“

Това се случи през 2008 г. През 2012 г. партито в Сан Франциско, с което LHC беше официално открит, е вече в миналото, но започва ерата на откритията. Експериментът, който Хюит очаква по време на цялата си кариера, пише историята. След две и половина десетилетия теоретични изследвания идеите на учените най-накрая се проверяват спрямо истинските данни за частици и взаимодействия. Това е нещо невиджано – разкриваме тайни, които Природата ревниво е пазила от нас. Досега.

Нека прескочим към 4 юли 2012 г. – денят на откриването на Международната конференция по физика на високите енергии. Това е биенале, което се провежда всеки път в различен град. Този път е в Мелбърн, Австралия. Стотици физици, занимаващи се с елементарни частици, включително и Хюит, са препънали цялата зала. Те са дошли, за да чуят един специален семинар. Цялата инвестиция в LHC и цялото очакване, растящо през годините, е на път да се изплати.

Самата презентация се излъчва към Мелбърн от ЦЕРН² – женевската лаборатория, която е дом на LHC. Предвидени са два доклада, които обикновено биха били представени като част от програмата на конференцията. Но в последния момент ръко-

¹ Техникolor е един от теоретичните модели за физика отвъд т.нар. Стандартен модел на физиката на елементарните частици. Името произлиза от различните „цветове“ на кварките (тук „цвят“ е просто наименование за едно от квантовите числа на кварките) и Квантовата хромодинамика – теорията, описваща силното ядрено взаимодействие.

² ЦЕРН (CERN) – Европейска организация за ядрени изследвания, част от които е ускорителят LHC.

водството прецени, че миг с подобно значение трябва да бъде достъпен за колкото се може повече хора; да бъде споделен с всички онези, които помогнаха LHC да се превърне в такъв успех. Решението наистина се оказа правилно – стотици физици в ЦЕРН се бяха наредили на опашка часове преди началото на докладите, планирани за девет сутринта Женевско време. Някои учени дори бяха прекарвали нощта в спални чували с надеждата да се уредят с хубави места.

Ролф Хойер, изпълнителният директор на ЦЕРН, представи двете теми. Щеше да има лекция от американския физик Джо Инкандела и от Фабиола Джаноти от Италия¹. Те са говорители на двата основни експеримента, които събират и анализират данни от LHC. Всеки от експериментите включва над три хиляди изследователи, повечето от които в момента не откъсват очи от компютърни екрани из целия свят. Събитието се излъчва на живо не само в Мелбърн и може да се гледа от всеки, който иска да чуе резултатите в реално време. Това е подходящият начин за отбелязване на истинския триумф на модерната Голяма наука – едно високотехнологично международно усилие с голям залог и изключително вълнуваща награда.

Следи от нервност се забелязват както в доклада на Джаноти, така и в този на Инкандела. Ала презентациите говорят сами за себе си – и двете благодарят искрено и от сърце на многото инженери и учени, направили експериментите възможни. След това внимателно обясняват защо трябва да повярваме на резултатите, които предстоят да бъдат показани. Правят демонстрация на начина, по който работят машините и методите за обработка на данните. Те са много точни и много достоверни. След безупречното изпълнение на този етап, презентаторите ни показват какво са открили.

Ето го! Няколко графики, които не биха направили особено впечатление на неспециалистите. Върху тях обаче се вижда една постоянна характеристика – спрямо очакваната стойност за определена енергия се наблюдават повече събития, т.е. поток от повече частици, получени в резултат на един-единствен сблъсък. Всички физици в аудиторията веднага разбират какво означава

¹ Джо Инкандела е говорител на експеримента CMS, а Фабиола Джаноти – на експеримента ATLAS.

това: нова частица. ЛНС е повдигнал завесата към част от Природата, която ние никога преди не сме могли да наблюдаваме. Инкандела и Джаноти подробно минават през целия болезнен статистически анализ, който цели да направи разликата между истинските открития и случайните – но неизбежни – статистически флуктуации. И в двата случая се оказва, че резултатите са недвусмислени. Наблюдаваната частица е напълно реална.

Избухват аплодисменти. В Женева, в Мелбърн, навсякъде по света... Данните са толкова прецизни и ясни, че дори и учени, работили в продължение на години над експериментите, са изненадани. Уелският физик Лин Еванс, който повече от всички беше отговорен за това, ЛНС да се справи по дългия и трънлив път към своя звезден миг, сподели, че е „буквално замаян и шокиран“ от невероятното съгласие между двата експеримента.

Самият аз бях в ЦЕРН точно в този ден. Бях се маскирал като журналист в стаята за медии близо до основната аудитория. По принцип от журналистите не се очаква да пляскат с ръце на събитията, които отразяват. Ала събраните репортери просто се отдадоха на завладяващата емоция на мига. Защото не ставаше дума просто за успех на ЦЕРН или на физическата наука в частност. Онова, което се случи, беше успех за целия човешки вид.

Смятаме, че знаем какво сме открили – елементарна частица, наречена „бозон на Хигс“ или още „Хигс-бозон“. Кръстена е на шотландския физик Питър Хигс. Самият той също беше в залата по време на докладите. Видимо развълнуван, 83-годишният учен сподели: „Никога не съм вярвал, че докато съм жив, ще видя това да се случи.“ Други водещи физици, участвали в извеждането на същата идея през далечната 1964 г., също присъстваха. Е, конвенциите, по които дадени теории се наименоуват, невинаги са честни. Но в този момент всички като един се присъединиха към отпразнуването на откритията.

Какво представлява бозонът на Хигс? Той е фундаментална частица на Природата. Такива частици са доста малко на брой. Освен това Хигс-бозонът е от много специален вид. Съвременната физика на елементарните частици познава три вида частици. Това са частиците на материята (като електроните и кварките), които образуват атомите и изграждат всичко онова, което ни заобикаля. Освен тях имаме и частици-носители на взаимодействия. Те пренасят гравитационното взаимодействие или

пък електромагнетизма, както и двете ядрени взаимодействия (силното и слабото). Тези т.нар. четири фундаментални взаимодействия поддържат цялата материя в едно цяло. Тук вече идва бозонът на Хигс, който разполага със своя собствена отделна уникална категория.

Хигс-бозонът е важен не поради това, което е, а заради онова, което прави. Частицата на Хигс произлиза от едно обхващащо цялото пространство поле, известно като „поле на Хигс“. Когато всяко нещо в познатата ни Вселена се движи в пространството, то се движи едновременно с това и през полето на Хигс. Полето винаги е там – неизменно съществуващо във фона на самата Вселена. Значението му е огромно. Без полето на Хигс електроните и кварките нямаше да имат маса, досущ като безмасовите фотони, които са частиците-носители на светлината. Без полето на Хигс другите частици биха се движили също със скоростта на светлината. Това означава, че би било невъзможно да се образуват атоми или молекули, да не говорим за самия живот във вида, в който го познаваме. Полето на Хигс не е активен играч в динамиката на обикновената материя, но неговото фоново присъствие е от изключително значение. Без него нашият свят би бил едно безкрайно различно място. Ето че най-сетне ние открихме експериментално полето на Хигс!

Тук е редно да направя няколко важни предупреждения. Онова, с което разполагаме в момента, всъщност са доказателства за наличие на много Хигсоподобна частица. Има си правилната маса, образува се и се разпада по грубо казано очаквания начин. Ала все още сме в твърде начален стадий на играта, за да можем да кажем със сигурност, че сме открили стопроцентовия Хигс-бозон, предсказан от оригиналните теоретични модели. Със сигурност знаем, че сме намерили някаква нова частица и че тя действа по начина, по който би трябвало да действа и частицата на Хигс. За целите на тази книга, аз ще приема датата 4 юли 2012 г. като денят, в който е съобщено откриването на бозона на Хигс. Ако обаче реалността се окаже по-различна, то още по-добре за всички нас. Защото ние, физиците, си умираме за изненади.

Очакванията на учените са, че откриването на Хигс-бозона е началото на нова ера във физиката на елементарните частици. Знаем, че във физиката се крие повече от онова, което разбираме

в момента. Изучаването на бозона на Хигс ни отваря изцяло нов прозорец към светове, които досега не сме могли да видим. Експериментатори като Джаноти и Инкандела вече разполагат с още един екземпляр за изучаване, а теоретици като Джоан Хюит пък имат други насоки, на чиято база да изградят по-добре своите модели. Разбирането ни за Вселената изведнъж направи огромна и дългоочаквана крачка напред.

Това е историята за хората, които посветиха живота си на опита да разкрият истинската природа на реалността. Бозонът на Хигс е ключов елемент от нея. Има теоретици, заредени с енергия от кафе и разгорещени дебати, които седят с лист хартия и молив в ръка и обмислят различни абстрактни идеи. Има инженери, които тласкат машините и електрониката далеч отвъд рамките на съществуващата технология. Но най-вече – има експериментатори, които съчетават в едно идеите и машините, за да открият нещо ново за Природата. Предният фронт на съвременната физика включва проекти, които струват милиарди долари и изискват десетилетия, за да се изпълнят. Освен това те изискват невероятната отдаденост и волята да се правят големи залози в търсене на уникални награди. Когато всичко това се събере в едно, целият свят се променя.

Животът е хубав. Вземете си още една чаша шампанско.

Първа глава.

СМИСЪЛЪТ

В която се чудим защо група талантиливи хора са посветили живота си в търсене на неща, които са твърде малки, за да бъдат видени

Физиката на елементарните частици е много любопитна дейност. Хиляди хора харчат милиарди долари, за да строят съоръжения с диаметър от по няколко километра, за да могат да пускат в тях субатомни частици, които се състезават със скорост, близка до тази на светлината. След това наблюдават как тези частици се блъскат една в друга, само и само за да открият и изучат други субатомни частици, които пък нямат никакво влияние върху живота на нито един човек на планетата Земя. Освен ако този човек не е физик-частичкаджия, т.е. специалист в областта.

Това е единият начин да погледнете на нещата. Ето ви още един: физиката на елементарните частици е най-чистата проява на човешкото любопитство към опознаване на света, в който живеем. Човешките същества са си задавали въпроси още от древните гърци преди повече от две хилядолетия. Днес импулсът за изследване е прераснал в систематично глобално усилие за разбиране на основните правила, определящи как работи Вселената. Физиката на елементарните частици произлиза пряко от неуморното ни желание да разберем света, в който живеем. Не само частиците са причината за нашата мотивация. В човешката природа е да се опитваме да познаем онова, което не разбираме.

Началото на ХХІ в. е истинска повратна точка. Последните действително изненадващи експериментални резултати дотога-

ва, получени с помощта на ускорител на частици, са били през 70-те години на XX в., преди повече от тридесет и пет години. (Конкретната дата зависи от това, какво точно ще бъде вашата дефиниция за „изненадващо“.) Причината не е, че експериментаторите просто са проспали цялото това време, дори напротив. Машините са се подобрявали с истински скокове, докато достигнат области, които до съвсем неотдавна са били смятани за непостижими. Проблемът беше, че там нямаше нищо по-различно от онова, което очаквахме да намерим. А за учените, които винаги се надяват на изненада, това беше изключително дразнещо.

С други думи проблемът не е, че експериментите не са адекватни. По-скоро теорията беше твърде добра. В тясно специализирания свят на съвременната наука ролите на „експериментатори“ и „теоретици“ са твърде ясно различаващи се, особено в област като физиката на елементарните частици. Вече ги няма дните (като до първата половина на XX в.), когато един гений като италианския физик Енрико Ферми би могъл да предложи нова теория за слабите взаимодействия, а след това да се обърне и да контролира изграждането на първата самоподдържаща се изкуствена верижна ядрена реакция. Днес теоретиците изписват уравнения върху черни дъски, които в крайна сметка водят до модели. Те от своя страна пък се проверяват от експериментатори, които събират данни от изключително точни машини. Най-добрите теоретици държат експериментаторите зорко под око и обратно, но нито един човек не владее и двете сфери на науката.

През 70-те години на XX в. се поставиха окончателните основи на най-добрата ни теория във физиката на елементарните частици. Тя има забележително невдъхновяващото име „Стандартен модел“. Теорията описва кварките, глюоните, различните неутрино и всички други елементарни частици, за които може би сте чували. Подобно на холивудските звезди или на харизматичните политици, научните теории се поставят на пиедестал, така че всеки да може да ги разкъса на парчета. Няма да станете известен физик, като доказвате, че теорията на някой друг е вярна. Ставате известен ако покажете, че теорията на някой друг е грешна. Или пък ако предложите по-добра теория.

Ала Стандартният модел е изключително упорит. В продължение вече на десетилетия всеки експеримент, който правим на Земята, упорито продължава да потвърждава предсказанията на

теорията. Цяло поколение учени се е изкачило по академичната стълбица – от студент до професор – без да има дори един едничък нов феномен, който биха могли да изследват и да обяснят. Очакването беше толкова голямо, че стана почти непоносимо.

Но всичко това се променя. Големият адронен ускорител на частици (ЛНС) представлява нова ера във физиката. Той сблъсква частици с енергии, каквито човечеството никога преди не е достигало. Не става дума само за висока енергия. Става дума за енергия, за която сме си мечтали да достигнем в продължение на години. Енергия, при която очакваме да намерим нови частици, предсказани от теорията. Освен това се надяваме, че ще изскочат и няколко изненади. Защото това е енергията, където една от природните сили, наречена „слабо ядрено взаимодействие“, крие тайните си.

Залозите са високи. Когато за пръв път надникваме в неизвестното, може да се случи всичко. Разполагаме с множество конкурентни теоретични модели, които се опитват да предскажат какво точно ще открие ЛНС. Не знаем какво ще видим, докато не погледнем. В центъра на цялата история се намира бозонът на Хигс – скромна частица, която е едновременно и последното парче от пъзела на Стандартния модел, и първия поглед към физиката отвъд него.

ОГРОМНА ВСЕЛЕНА ОТ МАЛКИ ПАРЧЕНЦА

Близко до брега на Тихия океан в Южна Каролина, на около час и половина път с кола на юг от мястото, където живея в Лос Анджелис, се намира едно вълшебно място. Там мечтите се сбъдват – добре дошли в Леголандия. Децата се наслаждават на Динозавърския остров, Градът на забавленията или на другите атракции и се забавляват в сложно изграден свят, направен от конструктор Лего. Малки пластмасови блокчета, които могат да се свържат едно към друго в безброй много комбинации.

Леголандия не е толкова далече като идея от реалния ни свят. Във всеки един момент вашата пряка околна среда обикновено включва всякакви видове обекти: дърво, пластмаса, плат, стъкло, метал, въздух, вода, живи тела. Все различни неща, при това

с много различни свойства. Само че ако ги погледнете по-отблизо ще видите, че те всъщност не са истински различни едно от друго. Просто са различна подредба на малко на брой първични градивни блокчета. Тези „тухлички“ са елементарните частици. Точно както сградите в Леголандия, така и столовете, масите, колите, дърветата и хората представляват огромното разнообразие, което може да постигнете, започвайки с малък брой прости частици, които свързвате по различни начини. Един атом е с размери около една трилионна част от размерите на блокче Лего. Принципът обаче е същия.

Приемаме за даденост идеята, че материята е изградена от атоми. Това е нещо, на което ни учат в училище, където правим химични експерименти в класни стаи, на чиито стени е окачена периодичната таблица на химичните елементи. Лесно е да загубим представа колко изумително невероятен е този факт! Едни обекти са твърди, други са меки, някои са леки, а други – тежки, едни са течни, други твърди, трети – газообразни... някои неща са прозрачни, други не, някои неща са живи, а някои – не. Но под повърхността си всички тези обекти всъщност са... едно и също нещо! В периодичната таблица има около стотина атома. А всичко около нас е просто комбинация от тези атоми.

Идеята, че можем да разберем света, раздробявайки го на няколко основни съставки, е доста стара. В древността различни култури като древните вавилонци, гърци, индусите и др., са откривали забележително подобен набор от пет „елемента“, от които било направено всичко. Най-добре познатите ни са земя, въздух, огън и вода, но има и един пети небесен елемент, наричан „етер“ или още „квинтесенция“. (Да, да, ето оттук идва името на филма с Брус Уилис и Мила Йовович „Петият елемент“.) Подобно на много идеи, и тази е развита с големи подробности от древногръцкия философ Аристотел. Той предполага, че всеки елемент се стреми към определено естествено състояние. Земята например се стреми да пада надолу, а въздухът – да се изкачва. Чрез смесване на елементи в различни комбинации бихме могли да получим различните субстанции, които наблюдаваме около нас.

Демокрит е друг древногръцки философ. Още преди Аристотел той за пръв път постулира, че всичко, което ни заобикаля, е изградено от малки невидими частици. Демокрит нарича

тези фундаментални градивни елементи „атоми“ (от гръцката дума за „неделим“). Нелепа случайност на историята е, че тази терминология се възприема от Джон Далтон¹. Той е химик, който в началото на XIX в. използва термина, за да назове химичните елементи. Само че онова, което днес наричаме атом, въобще не е „неделимо“. Атомите се състоят от ядро, изградено от протони и неутрони, около което обикалят в орбита групи електрони. Дори самите протони и неутрони не са неделими – те се състоят от по-малки частици, наречени „кварки“.

В смисъла на Демокрит кварките и електроните са истинските „атоми“ – истинските неделими градивни блокчета на материята. Затова днес ние ги наричаме „елементарни частици“. Два вида кварки, наречени игриво „горен“ и „долен“, участват в изграждането на протоните и неутроните в атомните ядра. В крайна сметка, като вземем под внимание всичко, имаме нужда само от три вида елементарни частици – електрони, горни и долни кварки. Леко подобрение спрямо петте елемента на Античността. И сериозно спрямо дължината на периодичната таблица на Менделеев.

Да сведем целия свят само до три елементарни частици е малко преувеличено. Макар електроните, заедно с горните и долните кварки са достатъчни, за да опишат колите, реките и малките сладки кученца, те съвсем не са единствените частици, които сме открили. Всъщност имаме дванадесет различни видове частици на материята. Шест кварка участват в силното ядрено взаимодействие и се срещат само ограничени в обема на по-големи обекти като протоните и неутроните. Шест „лептона“ пък могат да пътуват самостоятелно през пространството. Освен това имаме частици-носители на взаимодействията, които държат другите частици слепени заедно в различните комбинации, които виждаме. Без тези носители на взаимодействията светът би бил едно наистина скучно място: единични частици биха се движели по права линия в Космоса, без нито веднъж да взаимодействат помежду си. Това е доста малък набор съставки,

¹ Джон Далтон е английски физик и химик, който има основна роля в развитието на атомистичните възгледи в химията. На него е кръстен и дефектът на зрението далтонизъм. Самият Далтон страдал от него и го описва през 1794 г.

чрез които можем да обясним света около нас. Честно казано, би могло да бъде дори по-просто. Съвременните специалисти по физика на елементарните частици се ръководят от желанието да направят нещата още по-прегледни.

БОЗОНЪТ НА ХИГС

Стандартният модел на физиката на елементарните частици включва дванадесет частици на материята и няколко частици-носители на взаимодействията, които ги придържат заедно. Не е най-спретнатата представа за света, но пък отговаря добре на експерименталните данни. Вече сме събрали всички парченца, от които имаме нужда, за да опишем напълно заобикалящия ни свят. Или поне този тук, на Земята. В Космоса вече открихме доказателства за присъствието на неща като тъмна материя и тъмна енергия¹ – упорито напомняне, че със сигурност все още не знаем всичко. Тези две „субстанции“ със сигурност *не се обясняват* от Стандартния модел.

В по-голямата си част Стандартният модел разделя добре частиците на материя от онези, пренасящи взаимодействията. Бозонът на Хигс обаче е различен. Той е кръстен на физика Питър Хигс – един от няколко учени, предложили идеята през 60-

¹ Откриването на тъмната материя и тъмната енергия е резултат от напредъка в наблюдателната астрономия и космология през последните десетилетия. Тъмната материя е вещество, което е около шест пъти повече от нашата (т.нар. барионна) материя и може да бъде усетено само по гравитационния си ефект, например в ротационните криви на галактиките или пък чрез измерване на видимата и очакваната маса на галактичните купове. Съставът на тъмната материя засега не е известен. Тъмна енергия пък е силата, която причинява откритото в края на миналия век ускорително разширение на пространството на Вселената. Тя действа като антигравитация или, образно казано, като раздуващо Космоса налягане. Ускорението на разширението е започнало преди около 4 до 5 милиарда години и все още не се знаят нито причината за това, нито каква точно е природата на тъмната енергия. В този и по-горния случай прилагателното „тъмна“ в името просто изразява незнанието на съвременните специалисти.

те години на XX век. Може да мислите за него като за „грозното патенце“ във физиката на елементарните частици. Технически погледнато, Хигс-бозонът е частица-носител на взаимодействие. Само че е напълно различна от онези носители (т.нар. бозони), които вече познаваме. От гледната точка на теоретичните физици бозонът на Хигс изглежда като случайна и доста странна добавка към иначе красивата структура на Модела. Ако не беше Хигс-бозонът, Стандартният модел щеше да е самата дефиниция на елегантност и красота. С него е просто истинска мешавица. Дори откриването на виновника за цялата бъркотия се оказа голямо предизвикателство.

Защо толкова много физици са убедени, че бозонът на Хигс трябва да съществува? Ще чуете обяснения от рода на „за да дава маса на останалите частици“ или пък „за да наруши симетриите“. И двете неща са верни, но далеч не са лесни за разбиране от първия път. Основната идея е, че без бозона на Хигс Стандартният модел щеше да изглежда по съвсем друг начин и да няма никаква връзка с истинския свят. С бозона на Хигс всичко си пасва абсолютно точно.

Разбира се, физиците-теоретици са дали най-доброто от себе си, за да измислят теории, които нямат нужда от бозон на Хигс. Или пък такива, в които бозонът е доста по-различен от стандартната си версия. Много от тези хипотези се провалят при сблъсък с реалните данни, други пък изглеждат ненужно усложнени. Нито една от тези теории не достигна до истински научен пробив.

Днес ние вече сме открили Хигс-бозона – или нещо много подобно на него. В зависимост от това, колко внимателно физиците подбират думите си, ще чуете: „Открихме Хигс-бозона“, или „Открихме частица, подобна на бозона на Хигс, или дори „открихме частица, която прилича на бозон на Хигс“. Анонса от 4 юли 2012 г. описва частица, която се държи много подобно на очакваното от един Хигс-бозон. Например – разпада се на определени други частици по начините, по които – повече или по-малко – очакваме да го прави. Все още е рано да бъдем категорични, тъй като има още много данни за анализ и достатъчно място за изненади. Физиците *не искат* това да е бозонът на Хигс, който всички сме очаквали. Много по-интересно и по-забавно е да намерим нещо напълно неочаквано. Вече сме забелязали леки индикации

в данните, че новата частица може би не е точно Хигс-бозона, който сме очаквали. Само бъдещите експерименти ще разкрият истината.

ЗАЩО ТОВА НИ ИНТЕРЕСУВА?

Веднъж давах интервю за местно радиопредаване. Темата беше физика на елементарните частици, гравитация, космология и неща от този сорт. Годината бе 2005 г. – сто години след „чудната година“ (т.нар. annus mirabilis) на Алберт Айнщайн, който през 1905 г. публикува серия статии, които преобръщат света на физиката с главата надолу. Дадох най-доброто от себе си, за да обясня някои от абстрактните идеи. Ръкомахах активно с ръце наляво-надясно – нещо, което не мога да спра да правя, макар да знам, че става дума за радио-предаване.

Радиоводещият изглеждаше доволен. Но след като свършихме и прибираше ролката със записа, една лампичка изглежда светна в главата му. Попита ме дали бих отговорил само на още един въпрос. Аз се съгласих, след което той отново ми подаде микрофона и нагласи слушалките. Въпросът беше прост: „Защо на някого трябва да му пука?“ Нито едно от тези изследвания няма да доведе до намиране на лек за рака, или пък до по-евтин смартфон, да си го кажем честно.

Отговорът, който измислих тогава, все още има смисъл за мен: „Когато е на шестгодишна възраст, всеки си задава тези въпроси. Защо небето е синьо? Защо нещата падат само надолу? Защо някои неща са горещи, а други – студени? Как изобщо работи всичко?“ На нас не ни се налага да се учим как да се интересуваме от наука – децата се раждат учени по природа. Вроденото любопитство буквално ни се избива от главата през годините на обучение в училище и под натиска на истинския живот. Започваме да се грижим за това, да си намерим работа, да срещнем някой специален, да отгледаме децата си. Спираме да питаме как работи светът и започваме да се питаме как да го накараме да работи за нас. По-късно намерих изследвания, които показват, че обичта на децата към науката възниква, когато те са на 10–14-годишна възраст.

Днес, след като сме се занимавали с наука в продължение на повече от четири столетия, в действителност вече имаме доста отговори, които да предложим на шестгодишните деца вътре в самите нас. Знаем толкова много за физичния свят, че въпросите, на които няма отговор, трябва да се търсят в най-отдалечените места или при екстремни условия. Е, поне така е в областта на физиката. В области на науката като биологията или неврологията няма никакъв проблем да зададем въпроси, чиито отговори все още ни убягват. Ала физиката, или поне физиката на елементарните частици, която изследва градивните блокчета на реалността, е избутала границите на нашето познание толкова надалеч, че имаме нужда да построим огромни ускорители на частици и гигантски телескопи, само и само да можем да съберем нови данни, които не пасват на досегашните ни теории.

Отново и отново в историята на науката се доказва, че фундаменталните изследвания, водени единствено от любопитството, а не заради някаква друга пряко видима облага, водят до огромни и чувствителни положителни приложения за нас самите. През далечната 1831 г. Майкъл Фарадей, един от основателите на съвременната теория на електромагнетизма, е попитан от заинтригуван политик за приложимостта на неговото току-що открито „електричество“. Според апокрифните разкази Фарадей отговорил: „Нямам представа, сър, но се обзалагам, че един ден вашето правителство ще го обложи с данък.“ (Доказателствата за достоверността на тази история са доста разпокъсани, но тя е добра и хората обичат да я повтарят.) Век по-късно едни от най-великите научни умове на епохата се борят с новооткритата квантова механика, водени от объркващи експериментални резултати, които изискват да се отхвърлят самите основни на класическата физика. Навремето тази теория е била доста абстрактна. След това обаче води до транзисторите, лазерите, свръхпроводниците, светодиодите и всичко, което знаем за ядрената енергетика (и ядрените оръжия). Без тези основни и фундаментални научни изследвания нашият свят днес би бил едно напълно различно място.

Дори Общата теория на относителността на Айнщайн – брилянтното му прозрение за пространството и времето – има преки наземни приложения. Ако някога сте използвали навигационно устройство за глобално позициониране, т.нар. GPS, за да бъде-

те упътени в дадена посока, вие на практика се възползвате от приложението на Общата относителност. GPS-клетката, която може да намерите във вашия телефон или пък в навигационната система на автомобила, приема сигнали от редица спътници, обикалящи в орбита около Земята. Клетката използва прецизно измерените времена между тези сигнали, за да триангулира пътя до дадена локация на повърхността. Само че според теорията на Айнщайн часовниците в орбита (където изпитват по-слабо гравитационно поле) тиктакат малко по-бързо от тези на морското ниво. Ефектът, разбира се, е малък. Но се натрупва. Ето защо ако не се взема теорията на относителността под внимание, GPS-координатите постепенно ще се отклонят и вече далеч няма да са полезни. Само след един ден вашето местоположение ще бъде изчислено с грешка от няколко километра.

Но технологичните приложения, въпреки цялата им важност, не са Смисълът за мен или за Джоан Хюит, или за който и да е друг експериментатор, за да го накара дълги часове да изгражда инструментариума и да седи в продължение на много часове, ровейки се в данните. Приложенията са страхотни, когато изскочат, и ние няма да обърнем гръб, ако се окаже, че бозонът на Хигс може да се използва, за да намери лекарство срещу стареенето. Ала не това търсим ние. Ние изследваме, защото сме любопитни. Хигс-бозонът е финалното парче от пъзел, който сме опитвали да решим в продължение на ужасно много време. Откритието му е нашата награда.

ГОЛЕМИЯТ АДРОНЕН УСКОРИТЕЛ НА ЧАСТИЦИ (LHC)

Нямаше да намерим бозона на Хигс, ако не съществуваше LHC – Големият адронен¹ ускорител на частици. Още едно скучно име за видимия резултат от вдъхновението и човешката страст за

¹ Във физиката на елементарните частици най-общото определение за адрон е съставна частица, която се подчинява на силното взаимодействие и е изградена от кварки. От своя страна адроните се делят на бариони (съставени от три кварка, такива са протона и неутрона) и мезони (състоят се от двойка кварк и антикварк, като например пионите).

открития. ЛНС е най-голямата и най-сложно съоръжение, което някога е било създавано от човечеството. Цената му си я бива – около девет милиарда долара. Учените, които работят в ЦЕРН, смятат, че машината ще работи активно и ползотворно в продължение на още петдесет години. Само че физиците не са толкова търпеливи: ще е много добре ако получим няколко променящи света открития още днес, благодарим за въпроса.

ЛНС е гигантски по всеки измерим начин. За пръв път идеята се ражда през 80-те години на XX в. Одобрението за започване на строителните работи е през 1994 г. Много преди дори да бъде включен, ЛНС вече е в заглавията на всички водещи медии, имало е съдебни дела, опитващи се да спрат изграждането му с аргумента, че би могъл да създаде черна дупка, която да погълне цялата Земя. Е, с това се справихме успешно и гигантският ускорител се върна към активна работи през 2009 г.

Навсякъде по света на 13 декември 2011 г. учени, а и немалко заинтересувани неспециалисти, се блъскаха в семинарни зали или около компютърни екрани, за да чуят две лекции на изследователи от ЛНС. Темата беше търсенето на Хигс-бозона. Такъв тип заглавие е доста често срещано на семинарите по физика, като изводът почти винаги е: „Търсенето върви добре! Пожелайте ни успех!“ Този път беше различно. Няколко дни преди събитието в интернет се появиха слухове, че семинарът няма да завърши с обичайното заключение. Този път се очакваше да се каже: „Добре, може би наистина виждаме нещо. Може би най-накрая сме намерили доказателството, че бозонът на Хигс наистина съществува.“

Наистина така се и оказа! Имахме индикации, че ЛНС вижда частицата на Хигс. Само индикации, имайте предвид, не твърдо потвърждение. Големият адронен ускорител удря протони един в друг при невероятни енергии, докато два гигантски експериментални детектора следят какви частици се появяват вследствие на сблъсъците. Броят пъти, при които два високоенергетични фотона (частиците на светлината) са се образували при определена енергия, се оказа на йота по-голям, отколкото бихме очаквали в случая, че бозон на Хигс не съществуваше. Това определено е доказателство, че нещо се случва, но все още не е откритие. Все пак нещата изглеждаха добре. Ролф Хойер дори приключи пресконференцията с усмивка: „Ще се видим следващата година, този път с откритие.“