

Неприятността за Големия адронен колайдер – добра новина за науката¹

През 60-те години на 19. век физиката изглеждаше чудесно. Шотландският физик Джеймс Клерк Максвел току що бе публикувал серия от статии, които обединяваха ученията за електричеството, магнетизма и светлината в една теория, същността на която можеше да се изложи в няколко уравнения. С това той постави край на един продължителен спор относно това, дали светлината представлява непрекъснат поток от вълнова енергия, или поток от фини частици. Според всеки, който разбираше работите на Максвел, тя очевидно бе вълна. Това обаче повдигаше един въпрос, който в очите на поклонниците на Максвел изглеждаше като незначителна подробност: подобно на водните вълни или звука, новите, електромагнитните вълни на светлината би трябвало да се нуждаят от среда, в която да се разпространяват. Ако Максвел е прав, как би трябвало да изглежда тази среда?

Така започна търсенето на прочутия етер. През 1887 г. Алберт Майкелсън и Едуард Морли планираха и построиха прототипа на интерферометър, предназначен да измерва скоростта на светлината в различни точки от земната орбита, и техният впечатляващ опит показа, че тази скорост е константа – нещо невъзможно, ако светлината и Земята плуват в една невидима течност. Противно на всички техни очаквания, етер нямаше.

Съществуват известни прилики между тогавашната и днешната физика. Както 60-те години на 19. век, така и 60-те години на 20. век доведоха до едно невероятно обединение на съвременните физични теории. По това време стандартният модел във физиката на частиците обвърза Максвеловата електродинамична сила със силната и със слабата ядрени сили. Според тази теория, при достатъчно високи енергии слабото и електромагнитното взаимодействие се обединяват в едно единствено, електрослабо взаимодействие.

Подобно на теорията на Максвел, стандартният модел е мощен, но има някои подробности, които той не може да обясни докрай. Една от тях е тъмното вещество – един все още неоткрит обект, който съставлява голяма част от масата в космоса. Друга е тъмната енергия – една сила, която изглежда причинява разширяването на Вселената. Има и други необяснени странности, но нищо не изглежда достатъчно застрашително и способно да измести стандартния модел от неговото сигурно място.

За да се справят с някои от проблемите, най-добрите днешни теоретици предложиха обобщение на модела, познато като суперсиметрия. Това обобщение обединява електрослабото взаимодействие със силното ядрено взаимодействие и предполага наличие на елементарни частици, които биха могли да обяснят тъмното вещество.

Понастоящем на Големия адронен колайдер (LHC) в ЦЕРН се провежда експеримент, който представлява предизвикателство към стандартния модел и неговите следствия. Той доставя порой от данни, които могат да се използват за изследване границите на стандартния модел. За сега обаче данните от опитите не предоставят доказателства за съществуването на частиците, предсказвани от теорията за суперсиметрията. Ако те не бъдат открити и следващата година, това ще бъде сериозен проблем за теорията. Ако данните от опита не дадат резултат и следващите две години, тогава вероятно много теоретици ще се откажат от теорията, точно както навремето теоретиците трябваше да се откажат от обобщенията на теорията на Максвел, които се мъчеха да обяснят отсъствието на етера.

¹ Превод от онлайн редакционна публикация на сп. *Nature* от 03.03.2011.

Приликите на двата случая не бива да се вземат твърде сериозно. Експериментът на LHC е много по-сложен от опита на Майкелсън и Морли. Той използва удари между протони при недостижими до сега енергии за твърде разнообразни изследвания, не само за търсене на суперсиметричните частици. Освен това изглежда, че LHC въобще не е в състояние да предостави данни за решително отхвърляне на суперсиметрията – теорията, данните и анализите са много по-сложни, отколкото са били преди 125 години.

Сравнението обаче може да ни напомни нещо, което лесно се изпуска: отрицателните за сега резултати от LHC би трябвало да бъдат също толкова стимулиращи, колкото и положителните такива. Опитът на Майкелсън и Морли, както и подобните нему, накараха в края на краищата Алберт Айнщайн да приеме аксиоматично, че светлината се разпространява с константна скорост и би могла да бъде както вълна, така и частица. Тези открития всъщност не опровергаха теорията на Максвел, но те помогнаха да възникнат специалната теория на относителността и квантовата механика – двете най-велики теории на двайсетия век. По същия начин резултатите от LHC, каквито и да са те, биха могли да принудят учените да мислят по различен от досегашния начин. Ако една прекрасна теория не е в състояние да обясни данните, тогава отнякъде трябва да се намери друга, която може.

Красива теория се сблъсква с унищожителни експериментални данни

Дж. Брумфийл²

“Чудесна, красива и единствена” – така Гордън Кейн, физик–теоретик от Университета на Мичиган в Ан Арбър, описва теорията за суперсиметрията. Той е посветил около 30 години работа върху тази теория, за която мнозина вярват, че решава болшинството от проблемите, свързани с разбирането ни за субатомния свят.

Въпреки това, съществува нарастващо безпокойство, че теорията, колкото и елегантна да е, е погрешна. Данните от детектора ATLAS на LHC не потвърждават съществуване на “суперчастиците”, предсказани от теорията. Ако това положение продължи и когато ускорителят започне да работи при още по-високи енергии, в края на годината теорията може да се окаже в затруднено положение.

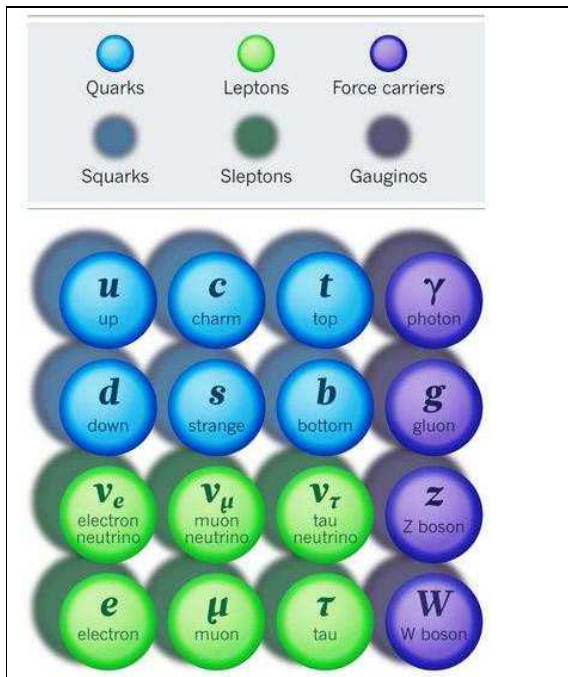
Суперсиметрията (известна като SUSY – произнася се “Сузи”) се появи през 70-те години на миналия век като начин за решаване недостатъците на стандартния модел във физиката на частиците, който модел описва фундаменталните частици, изграждащи нормалната материя (вж. Менажерията). Изследователите откриха всяка предсказана от модела частица, освен една: бозона на Хигс, който би трябвало да осигури маси на останалите частици.

Бозонът на Хигс е съдбоносен за теорията, но неговата предсказана маса е субект на големи флуктуации, дължащи се на квантовите ефекти от останалите фундаментални частици. Тези флуктуации могат да увеличат очакваната маса на бозона на Хигс до стойност, при която другите фундаментални частици би трябвало да са много по-масивни, отколкото са в действителност, което по същество унищожава модела. Теоретиците могат да елиминират флуктуациите от уравненията, но само ако установят масата на бозона с голяма точност – малко по-тежък или малко по-лек и цялата теоретична постройка рухва. Мнозина физици изпитват дискомфорт от всяка теория, която изисква подобна фина настройка.

² Превод със съкр. от *Nature* 471, 13-14, 2011.

Менажерия

Биха ли могли суперчастиците да се крият зад известните частици и сили на стандартния модел?



SUSY в криза на средната възраст

1970-74

– Няколко физици, независимо един от друг предлагат SUSY.

1981

– Предложен е суперсиметричен вариант на стандартния модел.

1983

– SUSY е използвана за обясняване на тъмното вещество.

1990

– Предполага се, че SUSY е пътят за обединяване на електрослабото и силното взаимодействие.

2000

– Големият електрон–позитронен колайдер (предшественика на LHC) не успява да открие слептоните – суперсиметричните партньори на лептоните.

2008

– Теватронът установява долна граница за масите на суперсиметричните кварки (скварките).

Накрая, през 2011 г. LHC стеснява още повече границите, в които могат да се разполагат суперсиметричните партньори на фундаменталните частици.

SUSY предлага алтернатива на този проблем за “фината настройка”. Теорията постулира, че всяка обикновена частица притежава суперсиметричен партньор, мнозинството от тези партньори са нестабилни и рядко взаимодействат с обикновените частици, а това връща масата на бозона на Хигс в едни приемливи граници.

Теоретиците откриха също, че SUSY може да реши и други проблеми. Някои от най-леките суперсиметрични частици биха могли да съставят загадъчното тъмно вещество, което космолозите търсят още от 30-те години на 20. век. Въпреки че никога не е наблюдавана, според наблюденията върху въртенето на галактиките тъмната материя трябва да съставлява около 83 % от материята във Вселената. SUSY може да се използва също така за обединяване при високи енергии на всички сили с изключение на гравитацията в една единствена сила, което би било огромна крачка към “теория на всичко”, обединяваща и обясняваща цялата позната физика – една от най-крайните цели на науката. И може би най-важното за някои теоретици: “SUSY е много красива математически.”, както казва Бен Аланач, теоретик от Университета на Кеймбридж.

Пригодността на SUSY да служи за различни цели и нейното изящество внушиха сред нейните последователи “религиозна преданост”, казва френският теоретик Адам Фалковски. Ускорителите обаче не успяха да дадат преки доказателства за съществуването на предсказаните от теорията суперчастици. Така например Теватронът на Националната ускорителна лаборатория Ферми в Батавия, Илинойс, не намери указания за съществуването на суперсиметрични кварки (“скварки”) с маси под 379 GeV.

Днес LHC бързо набира данни при по-високи енергии, като измества още по-нагоре долната граница за масите на суперчастиците. Това поражда сериозен проблем за SUSY (вж. “SUSY в криза на средната възраст”) Нарастването на възможните маси на суперчастиците влошава отстраняването на неприятните квантови флуктуации, заради чието отстраняване те бяха въведени. Теоретиците все още могат да направят SUSY полезна, но само предполагайки много специални маси за суперчастиците – отново упражнение по фина настройка, за избягване на което бе създадена теорията. С натрупване на все повече данни от LHC, SUSY ще изисква все по-досадни промени на масите на частиците.

За сега LHC само удвои границата за масите, установена от Теватрона, като показва, че няма признаци за скварки с енергии до около 700 GeV. До края на годината ще бъде достигната границата от 1000 GeV и ако и там не се открият суперчастици, това би елиминирало някои от най-фаворизираните варианти на теорията на суперсиметриите.

“Не бих казал, че това ме засяга”, казва Джон Елис, теоретик в ЦЕРН, който се занимава със суперсиметрии десетилетия. Той казва, че ще чака до края на 2012 г. – когато ще приключат повече експерименти при високи енергии – преди да се откаже от SUSY. Фалковски, отдавнашен критик на теорията, мисли, че досегашната липса на доказателства за съществуването на суперчастиците, вече подсказва, че SUSY е мъртва.

“Всъщност мнозина мислят, че за SUSY ситуацията не е добра.” – казва Алесандро Струмиа, теоретик от Университета на Пиза в Италия, който наскоро публикува статия за влиянието на последните резултати от LHC върху проблема за фината настройка. Той добавя: “В нашата област това е факт с големи политически последици. За някои големи физици това е разликата между получаването на Нобелова награда и признанието, че са прекарвали живота си върху погрешната писта.” Елис се съгласява: “Аз работих по нея почти 30 години и мога да си представя, че някои хора сега може малко да се изнервят.”

“Много неща ще се променят, ако не успеем да открием SUSY.” – казва Лестър. Физиците–теоретици ще трябва да се върнат обратно при черната дъска и да намерят

нов начин за решаване на проблемите със стандартния модел. Той добавя, че не е необходимо това да се смята за лошо: “За специалистите по физика на частиците като цяло това би било наистина интересно.”