

Протонът се смалява¹

Според една скорошна публикация в Nature², радиусът на протона може да се окаже с $0,03 \cdot 10^{-15}$ m по-малък, отколкото се смяташе до сега. Може да се окаже, че тази разлика, макар и изключително малка, свидетелства за сериозно разминаване някъде в съвременните квантовомеханични теории.

Въпреки че протонът е една от най-добре изучените частици, според водещия в изследването физик Рандолф Пол от Института Макс Планк по квантова оптика в Гарчинг, Германия “Все още има много неща, свързани с вътрешната му структура, които ние не разбираме.”.

Отдалеч протонът изглежда като положителен точков заряд, но отблизо се проявява неговата кваркова структура, което означава, че зарядът му, грубо казано, е разпределен в малка сфера. Тъй като при микрочастиците за точни размери не може да се говори, неговият радиус се дефинира като разстоянието, на което плътността на заряда пада под определена стойност. Този радиус се измерва главно по два начина – чрез изследване на разсейването на електрони от водород, и чрез измерване на нищожните разлики между определени енергетични нива във водородния атом – т.нар. Лембово отместване. Лембовото отместване е резултат от взаимодействието на електрона с кварките, изграждащи протона. Това взаимодействие се различава малко за електроните от нивата 2S и 2P и резултатното отместване на енергията зависи отчасти от радиуса на протона. Според пресмятанята, използващи досегашните данни, радиусът на протона е около $0,8768 \cdot 10^{-15}$ m.

Вместо електрони, в опитите си колективът на Пол използва мюони. Тъй като масата на мюона е кръгло 200 пъти по-голяма от масата на електрона, той прекарва много повече време много близо до (и дори отчасти вътре в) протона. Поради това Лембовото отместване за нивата в мюония (водороден атом, в който електронът е заместен с мюон) е значително по-чувствително към разпределението на заряда вътре в протона, отколкото във водородния атом. За да проведат експериментите си, Пол и колегите му обстрелват газообразен водород с мюони, получени на ускорител в Швейцария. Когато мюон срещне водородна молекула, той заменя един от електроните и в резултат се образува мюонен атом (т.нар. мюоний). Около 1 % от времето на съществуването си мюоният прекарва в състояние 2S, от което с помощта на лазер се възбужда до състояние 2P, което се разпада чрез излъчване на рентгеново лъчение. С помощта на лазери се измерват с изключителна точност енергиите на мюонните нива, като получените данни се използват в сложни пресмятания, основаващи се на квантовата електродинамика (КЕД). Така Пол и сътрудниците му установяват, че радиусът на протона е $0,8414 \cdot 10^{-15}$ m с точност от 0,0007 fm, т.е. с около 4 % по-малък, отколкото се приемаше преди това.

На пръв поглед разликата е малка, но тя излиза далеч извън границите на точността на предишните резултати, така че не може да остане без внимание. Тя е толкова съществена, че авторите, които са започнали експериментите преди 12 години и за пръв път получили този резултат още през 2003 г. (след това – през 2007 г.), не са повярвали и са търсели причината в несъвършенствата на лазерната си система.

Не е ясно на какво се дължи разликата с предишните измервания. “Ясно е, че нещо липсва.”, казва К. Карлсон – теоретик от колежа Уйлям&Мери във Вирджиния. Най-примамливото предположение е, че някакви ненаблюдаеми частици променят взаимодействието на протона с мюона. Това биха могли да бъдат “суперпартньорите”

¹ Компиляция от съобщението на Дж.Брумфил в сайта на Nature | doi:10.1038/news.2010.337 от 07.07.2010 и материала на Х. Джонсън на сайта на PhysicsWorld от същата дата.

² Pohl R. *et al. Nature* **466**, 213-217 (2010)=

на известните частици, съществуването на които се предсказва от теорията за суперсиметрията, която опитва да обедини всички известни фундаментални взаимодействия, с изключение на гравитацията.

Карлсон допуска също така, че различието между старата и новата стойност на радиуса на протона се дължи на грешка в пресмятанията, или пък на недостатъчно добри апроксимации при направените пресмятания.

Според Дж. Флауърс от британската Национална физична лаборатория, съществуват три възможни обяснения на различието между старите и новите резултати. Най-вероятно е, че КЕД си е вярна, но е приложена неправилно в така наречените “много трудни пресмятания”. На второ място би могло да има проблем със самия експеримент, макар че Флауърс изразява увереността си коректната работа на колектива на Пол. Най-невероятното, но и най-вълнуващо обяснение е, че има нещо не наред със самата КЕД.

Въпреки че математическите основи на КЕД не са твърде солидни, до сега тя предсказваше резултатите от експериментите с фантастична точност. Според Флауърс една промяна на КЕД би означавала промяна на философията във физиката. Поради тази причина новите резултати предизвикаха бум от експериментални и теоретични изследвания. Някои физици внимателно повтарят пресмятанията на Лембовото отместване, а други опитват да подобрят измерванията на протонния радиус, основаващи се на опити, използващи електрони. Колективът на самия Пол ще повтори експеримента и ще проведе нова серия измервания с мюонен хелий, с цел да определи радиуса на хелиевото ядро.