



A. Antonini, F. Reiser / PSI

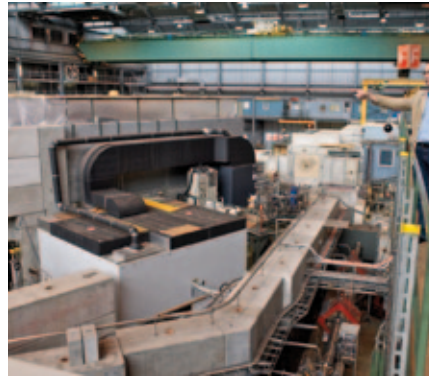
Proton Bildüğümüzden Daha mı Küçük?

Zeynep Ünalın

Protonun yük yarıçapı atom fiziğinde 0,8768 femtometre (fm) olarak kullanılıyor. *Nature* dergisinin 8 Temmuz 2010 tarihli sayısında yer alan bir makale, bu değeri 0,8418 fm olarak ölçen bir deney ve sonuçlarını ele alıyor. Bir femtometrenin bir metrenin milyonx milyonx bin'de biri gibi bir uzunluk olduğu göz önüne alınırsa, bu kadarcık bir farkın ne önemi olabilir ki diye düşünebilirsiniz. Ancak her şeyin femtometre düzeyinde olduğu atom fiziğinde bu fark oldukça önemli. Elektronun atomdaki yörüngeler arasındaki geçişini anlatan denklemlerde yer alan Rydberg sabitinden Kuantum ElektroDinamiğine (KED) kadar birçok şeyi değiştirebilir.

Protonun yük yarıçapı ölçümlerindeki hata payının 0,0007 fm olduğu göz önüne alınca eski ölçülen değerle yeni değer in örtüşmediği daha net ortaya çıkıyor. İsviçre'deki Paul Scherrer Enstitüsü'nde deneyi gerçekleştiren ekip aslında 2003 yılından beri bir gariplik fark ettiklerini, ama her seferinde hatayı aletlerinde ve yöntemlerinde aradıklarını söylüyor. Ancak bir şey bulamayınca sonucu yayımlama kararı alıyorlar. Böylelikle fizik çevreleri ölçümden haberdar oldu ve birçok bilim insanı kuantum elektrodinamiğinin hesaplarını kontrol etmeye başladı bile.

Proton, elektron gibi noktasal ve alt yapısı olmayan bir parçacık değil. Her bir proton üç kuarktan meydana geliyor ve protonun yükü bu kuarkların yük toplamından oluşuyor. Kuarkların proton içindeki hareketi sonucunda ortaya çıkan yük dağılımı protonun yük yarıçapını belirlerken, elektronun bu yük bulutuyla etkileşimi atom çekirdeği etrafında alacağı yörüngeleri tespit etmede rol alıyor. Yörünge denilince aklımıza gezegenlerin yörüngelerinde olduğu gibi belli bir daire ya da elips gelmemeli. Yörüngeler elektronun bulunabileceği konumları gösteren bulutsu yapılar gibi düşünülebilir. Bulutun yoğun olduğu bölgeler elektronun bulunma olasılığının çok olduğu, seyrek olduğu bölgelerse bu olasılığın az olduğu yerlere denk geliyor.



Örneğin elektronun atom çekirdeğine en yakın olabildiği yörünge merkezde seyrek, Bohr yarıçapı denen uzaklıkta en yoğun olan, merkezinde atom çekirdeğinin yer aldığı bir küreye benziyor. Buna 1s yörüngesi deniyor.

Bir sonraki yörüngeyse iki alt yörüngeden oluşuyor. Biri yine küresel simetriye sahip s yörüngesi, bu sefer adı 2s; diğeri ise uç noktaları atomun merkezine denk gelecek şekilde yerleştirilmiş iki damlaya benzeyen 2p yörüngesi.

Kuantum mekaniğinin ortaya çıktığı yıllarda 2s ve 2p alt yörüngelerinin aynı enerji seviyesine sahip olduğu düşünülüyordu. Ancak kuantum elektrodinamiği elektronun kuarklarla etkileşiminin her durumda değişik olması nedeniyle enerjilerin aynı olmaması gerektiğini ortaya koydu. Paul Scherrer Enstitüsü'ndeki ekip de birçok deneyin gösterdiği Lamb kayması olarak adlandırılan bu enerji farkını tespit ediyor ve bu tespitten protonun yük yarıçapını ölçmeye çalışıyor.

Deneyde, bir proton ve bir elektrondan meydana gelen hidrojen atomları üzerine elektrondan 200 kat daha ağır müon parçacıkları gönderiyorlar. Müonlar yörüngeye kendileri yerleşiyor. Müonik hidrojen denen bu atomların üzerine sonra lazer gönderiliyor ve yörüngelerarası geçiş enerjileri inceleniyor. Sonuçta protonun yük yarıçapının bilinen değerden yaklaşık % 5 daha az olması gerektiği ortaya çıkıyor. Deneyde bildiğimiz hidrojen yerine müonik hidrojen kullanılmasının nedeni, müonun daha ağır kütesinden dolayı protonun büyüklüğüne karşı daha hassas olması.

Protonun bildiğimizden daha küçük gözlenmesinin nereden kaynaklanıyor olabileceği henüz bilinmiyor. Deney ekibi deneylerini hidrojen atomu yerine helyum atomu kullanarak tekrar etmeyi ve hesapları kontrol etmeyi planlıyor. Her seferinde yine aynı sonuca ulaşmaları durumunda kuantum elektrodinamiğinde bir yanlışlık olduğu ihtimali kuvvetlenecek. Bu sonuç, yüzlerce bilim insanının gözünden kaçmış bir hesap hatası ya da KED'de kullanılan bir matematiksel yaklaşım hatası olabilir. Bazı fizikçiler Lamb kayması hesaplarını kontrol ederken bazıları da elektron proton etkileşiminden doğan proton çapı hesapları üzerinde çalışıyor. Tabii bu sonucun müonik hidrojen kullanılan deneyde ortaya çıkması, müon ile proton arası etkileşimde rol alan ama henüz hiçbir parçacık hızlandırıcı deneyinde gözlenmemiş ve de hiçbir kuramın öngörmediği parçacıklara da işaret ediyor olabilir.