



(oaygun@mynet.com) soruyor:

Radyoaktif tepkimelerde kütle korunmazken kütle numarasının korunduğunu öğrendik. Kütleli oluşturan (p+n) yani kütle no olduğuna göre ve kütle no korunduğuna göre korunmayan yani enerjiye dönüşen kütlelin kaynağı nedir?

Orhan Aygün

Bir atomun kütle numarası, yani çekirdeğindeki proton ve nötronların toplam sayısı, çekirdeğin gerçek kütlelerinin sadece yaklaşık bir değerini verebilir. Bir tamsayı olan bu sayıya “kütle numarası” denmesinin nedeni de bu yaklaşık ilişkinin doğadaki bütün atom çekirdeklerinde sağlanıyor olması. Bu nedenle, bu sayının korunmasıyla gerçek kütlemin korunması (veya korunmaması) arasında doğrudan bir ilişki yok aslında.

Kütle numarasının korunması, daha genel bir başka yasanın, baryon sayısının korunumu yasasının özel bir hali. Baryon, üç kuarktan oluşan temel parçacıklara verilen genel ad. Proton ve nötronlar en iyi bildiğimiz baryonlar. Fakat bu iki parçacık dışında da çok sayıda baryon, laboratuvarlarda elde edilebiliyor. Bu parçacıkların hepsi protondan daha ağır, ortalama ömürleri çok kısa ve bozunduklarında da eninde sonunda bir proton ve hafif kütleli başka parçacıklar üretiliyorlar.

Temel parçacıklar üzerinde yapılan çok sayıda deney, bir tepkimeye giren (bozunan, çarpışan vs.) toplam baryon sayısının, tepkime sonrasında ortaya çıkan baryon sayısına eşit olduğunu gösteriyor. Burada baryonların karşıt parçacıklarının eksi bir (-1) baryon sayısına sahip olduğunu düşünmek gerekiyor. Örneğin, yüksek enerjili bir proton başka bir parçacıkla geçirdiği bir çarpışma sonucu iki proton ve bir antiprotona dönüşebilir, veya bir protonla bir antiproton birbirlerini yok edebilir. Gerçi bazı araştırmacılar, ender gerçekleşen bazı tepkimelerde baryon sayısının korunmayabileceğini düşünüyor (protonun bozunması gibi), ama bugüne kadar hiç kimse bu konuda somut bir sonuç elde edememiş. Baryon sayısının korunması, bu parçacıkların yapılarıyla ilgili. Hepsini üç kuarktan oluşuyor ve kuark sayısı korunuyor (bir başka sayı korunumu yasası).

Baryon sayısı ile kütle arasında bir ilişki de yok. Örneğin, laboratuvarla kütleli protonunkinin üç katı kadar olan baryonlar elde ediliyor. Ama böyle bir parçacık bozunduğunda tek bir protona dönüşüyor. Kütlemin geri kalan kısmı bu süreçte elektron gibi daha hafif parçacıklara ve bunların enerjilerine dönüşüyor.

Buna karşın, nötronun kütleminin protonunkiykle neredeyse aynı olması ve atom çekirdeklerinin bağlanma enerjilerinin görece düşüklüğü nedeniyle, bir çekirdeğin kütleli toplam baryon sayısına (yani kütle numarasına) aşağı yukarı orantılı. Peki, bir çekirdeğin kütleli neden sahip olduğu proton ve nötronların toplam kütleminden farklı?

Örnek olarak çok hafif bir çekirdeği, bir proton ve bir nötronun birleşmesiyle oluşan döteryum (hidrojenin izotopu) çekirdeğini düşünelim. Döteryumda, proton ile nötronu birbirine bağlayan, bunların birbirinden ayrılmasını önleyen bir kuvvet var. Herkesin iyi bildiği elektriksel ve kütleçekim kuvvetle-



rinden oldukça farklı olan ve çok kısa mesafelerde etkiyen bu kuvvete ‘güçlü kuvvet’ diyoruz. Şimdi, her nasılda, bir protonla bir nötronu birbirine yaklaştırarak bir döteryum oluşturmaya çalıştığımızı varsayalım. Bu parçacıklar belli bir mesafeye geldiğinde güçlü kuvvet etkisini göstermeye başlayacak ve bunlar birbirlerine doğru çekileceklerdir. Nasıl bir elma Dünya’nın çekim etkisi altında gittikçe hızlanıyorsa, bu parçacıklar da birbirlerine yaklaştıkça hızlanacaktır. Güçlü kuvvet gerçekten güçlü olduğu için, bunların hızları da çok yüksek olacaktır.

Bu aşamada bu parçacıklar bir foton (yüksek enerjili bir gama fotonu) ışıması yaparak hızlarını düşürür. Fotonun temel işlevi, parçacıkların yüksek hızlarından dolayı sahip oldukları kinetik enerjiyi alarak dışarıya taşımak. Böylece protonla nötronun bağlanması gerçekleşmiş olur. Enerjinin korunumu yasasına göre, fotonla döteryumun enerjileri toplamı, başlangıçtaki proton ve nötronun enerjileri toplamına eşit olmalı. Einstein’ın ünlü bağlantısı uyarınca enerjinin kütleyle eşdeğer olduğunu hatırlarsak, buradan döteryumun kütleminin, proton ve nötronun kütleleri toplamından az olduğu sonucunu çıkarabiliriz. Kayıp kütle, ayrılan fotonun enerjisi olarak çekirdekte tamamen uzaklaşmıştır.

Peki, bu parçacıklar bir şekilde foton yayınlamazlarsa ne olur? Bu durumda, yüksek hızları nedeniyle bir süre sonra bunlar birbirlerinden uzaklaşmaya başlar ve en sonunda tamamen ayrılırlar. Yani, eğer foton yayınlanmazsa, birleşme de olmaz. Tersine, foton yayınlanırsa birleşme olur ama bu durumda da son kütle ilk kütlemin her zaman azdır. Özetle, hafif çekirdeklerde birleşme (füzyon) dışarıya enerji verilmesiyle, bu da

toplam kütlemin küçülmesiyle sonuçlanır.

Aynı kuralın, görünür ışık şeklinde ışıma yapan atomlar ve moleküller için de geçerli olduğunu belirtelim. Fakat, görünür ışık fotonlarının taşıdığı enerji ve bunun kütle karşılığı çok küçük olduğundan (atomların kütlelerine göre çok düşük), şu anda sahip olduğumuz ölçüm aletlerimiz bu durumlarda oluşan kütle farklarını ölçemiyor. Sadece çekirdek tepkimelerinde çıkan gama fotonları ölçebileceğimiz miktarda kütle taşıyor (döteryum örneğinde bu, protonun kütleminin binde 2,4’ü kadar).

Ağır çekirdekler için de aynı tartışmayı yürütebiliriz. Fakat bu çekirdeklerdeki proton sayısı çok fazla olduğu için, aynı elektrik yüküne sahip bu parçacıklar birbirlerini itiyor. Bu da güçlü kuvvetin yapıştırıcı özelliğine karşıt yönde, çekirdeği dağıtma eğiliminde bir etki oluşturuyor. Örneğin iki tane orta büyüklükte çekirdeği birleştirerek ağır bir çekirdek elde etmek istediğimizi düşünelim. Elektriksel itme nedeniyle bunları yaklaştırmak oldukça zor olduğundan, bunu başarmak için dışarıdan enerji vermek zorundayız, örneğin çekirdeklere yüksek bir ilk hız vererek. Çoğu zaman başta vermemiz gereken enerji, birleşmeyle açığa çıkan enerjiden yüksektir. Yani, bunları birleştirmek dışarıdan enerji sağlanmasını gerektiriyor. Ters, yani ağır bir çekirdeğin bölünerek daha küçük çekirdeklere bölünmesi (filyon) ise dışarıya enerji verir. Buradan da ağır çekirdeğin kütleminin, bileşenlerinininkinden yüksek olduğu sonucunu çıkarabiliriz. Kısaca özetlersek, çekirdek tepkimelerindeki kütle farkları, çekirdeği oluşturan parçacıklar arasında etkiyen kuvvetlerden ve bunların yol açtığı enerji değişimlerinden kaynaklanır.