SİMETRİLER VE KORUNUM YASALARI

• **Maddenin yapıtaşlarının araştırılması, onların simetri özelliklerine sıkı sıkıya bağlıdır. Bu özellikler yalnız enerji korunumu yasalarını değil, kuvvetlerin doğasını da açıklar.**

Antoine GEORGES

Jean Piaubert, "Mutlu fal (Heureux présage)" 1965 Patrice Trigano Galerisi.

SİMETRİ NEDİR?

18. yy'dan beri, madenbilimciler bir kristalin yüzlerinin geometrik biçimlerinin onu kuran atomların düzgün ve periyodik düzenlenişlerine bağlanabileceğini söylemişlerdir. Aşağıdaki şekildeki örnekte, atomlar küp biçimli bir kristalin köşelerine yerleşmişlerdir. Böyle bir düzenlenişte, her atoma kırmızı oklarla gösterilen yer değiştirmelerin biri yaptırıldığı zaman, toplam yapı değişmemek üzere, atomun yeni konumu küpün bir başka köşesi olur. Fizikçiler, böyle bir özelliğe simetri adını verirler. Biraz düşünülürse, bu sözcüğün anlamı günlük yaşamımızda kullandığımızla aynıdır İnsan yüzünün sağı ve solu arasında simetri olduğu söylendiği zaman, yüzün bir yanındaki öğeler öbür yanındakiler

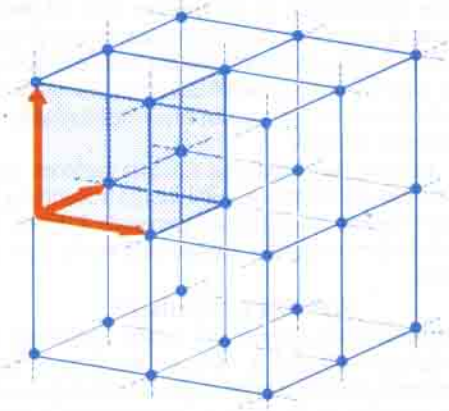
Gerçekten, bir kristal yapının simetri özelliklerinin tümü (yer değiştirme ve dönme altında), kristal yapısının tam olarak belirlenmesini sağlar. Kristalbilimci Bravais'nin (19.yy) başlattığı matematiksel çalışmaların gösterdiği gibi, olabilen 14 tür kristal örgüsü vardır; doğal kristal biçimlerinin görünür çeşitliliğine karşın, böyle bir sınıflama yapılabilmiştir.

Mikroskopik yapıtaşlarının simetri özellikleri, bir kez bulunduktan sonra, gözlenen olayların sınıflandırılmasını sağlar. Bu simetri özelliklerinin büyük ölçeklerde oluşturduğu düzenliliklerin nedenlerini araştırmak, kristal çalışmaları ile başlamış, gitgide temel parçacıklar fiziğine girmiş bir yöntemdir. Bu yazının amacı, maddenin yapıtaşlarının araştırılmasının, onların simetri özelliklerine nasıl sıkı sıkıya bağlı olduğunu, daha da şaşırtıcı ve güzel olanı, bu simetri özelliklerinden kimilerinin, bu ögesel yapıtaşları arasındaki temel etkileşmelerin kökeninde nasıl belirdiklerini göstermektir.

Burada, "simetri" sözcüğünü, bir kristal için kullandığımızdan daha soyut bir anlamda kullandık: Artık, bir cismin simetrisi yerine, bir fizik yasasının simetrisi sözkonusudur. Anlamaya çalıştığımız fiziksel cisimlere (parçacıklar ve onların etkileşmelerine), onları yöneten yasaların biçimini etkilemeden, belirli dönüşümler uygulanabilir demektir.

Böyle bir dönüşümün en yalın örneği, uzayda öteleme dönüşümüdür: Uzayın iki noktasında aynı anda, aynı koşullarda bir deney yaparsak, bulunan sonuçlar özdeş olmalıdır. Sonuç böyle olmazsa, fizik yasalarının evrensel olduğundan söz etmenin hiçbir anlamı olmaz. Bu ilkeden bir temel özellik çıkarabiliriz: İki parçacık arasındaki her etkileşme, yalnızca bu parçacıkların birbirlerine göre bağıl konumlarına bağlı olabilir ve Evren'deki bir başvuru noktasına bağlı olamaz.

Ötelemelerden başka, ölçü aygıtımıza, yerini değiştirmeden, bir dönme de uygulayabiliriz (yani, aygıtımızın eksenlerini doğrularını değiştirebiliriz). Deneyimizin sonuçları değişecek midir? Sezgimizle, deney sonuçlarımızın değişmeyeceğini bekleriz. Örneğin, bir ağırlık atıcısı için, tüm yatay doğrultular eşdeğerdir, ama düşey doğrultunun ayrıcalıklı bir durumu vardır. Böyle olması, mekanik yasalarının çeşitli doğrultular için farklı olduğu anlamına gelmez; bu, yerçekimine bağlı bir olaydır: Ağırlık kuvveti düşeyimizi tanımlar. Atıcımızı uzayda yalıtırsak, onun ağırlık atması her doğrultu için aynı olur. Dönmeye göre değişmezlikten ve genel olarak herhangi bir simetri dönüşümüne göre değişmezlikten anladığı-



Küp biçimli bir kristal örgüsü.

mız, deney sonuçlarının ya da fizik yasalarının simetri dönüşümlerinde aynı kalmasıdır.

Üçüncü örneğimiz, yalnız yapıldıkları zamanlar değişik olan özdeş iki deneyin aynı sonucu vermelerinin gerektiği, zamanda ötelemedir: Bugün geçerli olan fizik yasaları, Galileo'nin ya da Aristoteles'in zamanında da aynı idi. Bu, hiçbir şeyin zamanla değişmez olduğu anlamına gelmez (Evren'in kendisi, "big-bang" (büyük patlama) denen başlangıç anından beri sürekli olarak genişlemektedir); ama bu gelişmeler, ilke olarak, değişmez temel yasalardan çıkmış olabilirler.

BİRLEŞİK SİMETRİLER

Şimdiye dek, uzay ve zamanın simetri özelliklerini ayrı ayrı inceledik. Fizik yasalarının, bu iki tür simetri özelliklerini aynı anda biraraya getiren değişmezlikleri de var mıdır? Yanıt, evettir: Düz bir çizgi boyunca sabit bir hızla giden (yani düzgün doğrusal hareket yapan) bir trende, dışarıya bakmaksızın, kapalı bulunduğumuzu varsayalım. Herhangi bir deney yaparak, hareket halinde olup olmadığımızı belirleme olanağımız yoktur. Bu, biri durgun bir yerde, öbürü düzgün doğrusal hareket yapan bir yerde yapılan özdeş iki deneyin aynı sonucu vermesi demektir. Kuşkusuz, pencereden bakarsak, manzaranın geçip gittiğini görürüz ve çevreye göre hareket halinde olduğumuzu söyleriz; zaten, mutlak hareketten söz etmek anlamsızdır. Komşu trenin ilerlediğini gördüğümüz zaman, kendi bulunduğumuz trenin gerilediği izlenimine kapılmaz mıyız? Birbirlerine göre düzgün doğrusal hareket yapan iki "başvuru sistemi"ndeki fizik yasalarının özdeş olması ilkesi Galileo'den beri bilinmekte ve 'görelilik ilkesi" adı ile tanınmaktadır. Bu ilke, fizikçilerin karşısına birkaç şaşırtmaca çıkarmıştır: Lorentz ve Poincaré yüzyılımızın başında, Maxwell'in bulduğu elektromıknatıslık yasalarının görelilik ilkesini sağlamadığını görmüşlerdir. Bu durumda, görelilik ilkesinden vazgeçmek mi gerekecektir? Einstein, 1905'de ilkeden vazgeçmek gerekmediğini, ana uzay ve zaman kavramlarımızın iyice değişmesi gerektiğini göstermiştir. Lorentz ve Poincaré'nin sorularına Einstein'in yanıtı, "yerdeki" ve "trendeki" birer yolcu için zamanın aynı biçimde geçmediğini (zaman, trende yerdekine göre daha yavaş geçer) ve uzaklık kavramının da değiştiğini (trendeki uzaklık büzülmüştür) söylemektedir. Bu değişiklikler hesaba katıldığı zaman, Maxwell denklemleri iki başvuru sisteminde de aynı biçimlerini korurlar. Sonuç olarak, bir ışık işaretinin (yani, bir elektromıknatıssal dalganın) hızının,başvuru sistemine bağlı olmadığı çıkar. İki başvuru sistemi arasında belirli dönüşüm yasaları vardır. Işık hızına (c=300.000 km/s) yakın hızlar için geçerli olan bu dönüşüm yasaları küçük hızlarda Galileo dönüşümlerine indirgenir.

"Görelililik ilkesi" aşağıdaki çizelgede özetlenen, uzay-zamana bağlı 10 Simetri ilkesi verir: Uzayın 3 doğrultusu boyunca 3 öteleme, bu doğrultular çevresinde 3 dönme, zamanda öteleme ve görelilik ilkesinin sabit hızı ile 3 yer değiştirme.

KORUNAN BÜYÜKLÜKLER

Deneysel olarak doğrulanmış simetri özelliklerinin en önemlisi şudur: Birbirleri ile etkileşen, ama Evren'in kalan bölümünden yalıtılmış olan bir parçacıklar topluluğu verildiğinde, bu topluluğu yöneten fizik yasalarının sağladığı her simetriye korunan bir büyüklük karşılık gelir: Korunan büyüklüğün değeri zamanla değişmez. Çizelgede, 10 uzay-zaman simetrisinin her birine karşılık gelen korunan büyüklükler belirtilmiştir. Bu büyüklüklerin her biri, incelenen topluluğun parçacıklarının konumları, hızları ve kütlelerine bağlı olarak deyimlenebilir ve deneysel olarak ölçülebilir.

Genel olarak, incelenen sistem üzerindeki bir simetri dönüşümü, çeşitli korunan büyüklükleri kendi aralarında karış-

UZAY ZAMANIN 10 SİMETRİSİ VE BUNLARA EŞLENMİŞ KORUNAN BÜYÜKLÜKLER

SİMETRİ	KORUNAN BÜYÜKLÜK
Uzayın 3 doğrultusuna göre ötelenme	Momentumun (hareket niceliğinin) 3 bileşeni
Zamanda öteleme	Enerji
Uzayın 3 doğrultusu çevresinde dönme	Açısal momentumun 3 bileşeni
"Görelilik ilkesi"nin 3 dönüşümü	"Kütle merkezi hareketinin" 3 niceliği

BİR PARÇACIĞI BELİRTEN DEĞİŞMEZLER
M KÜTLESİ (Pozitif sayı, $E_{durgun} = Mc^2$)
S SPİNİ (0,1/2,1,3/2,2, v.b.)

Simetri ilkelerini doğrulamak için, nötrino-proton çarpışmalarının yaptırıldığı, CERN'deki BEBC kabarcık odası.

tırır. Bu nedenle, korunan büyüklüklerin hangi "başvuru sistemi'nde ölçüldüğünü her zaman belirtmek gerekir. Fizik yasalarının değişmezliğinin yalınlaştırıcı bir sonucu daha vardır: Korunan büyüklüklerin kimi matematiksel birleştirimleri de, belli simetri dönüşümlerinde değişmezler. "Değişmezler" adı verilen bu birleştirimler, incelenen sistemler üzerine simetrilerin nasıl etki ettiklerini tam olarak belirlerler. Yalıtılmış bir parçacık için, çizelgemizdeki simetrilere eşlenmiş belirleyici iki değişmez vardır: m kütlesi ve s spini. Kütlenin herhangi bir pozitif değeri olabilmesine karşın, spin yalnızca 0,1/2,1,3/2, v.b. gibi tam ya da yarı tam değerleri alabilir. Parçacıkla birlikte hareket eden bir başvuru sistemine (öz başvuru sistemi) yerleşirsek, parçacığın E enerjisi, m kütlesi ile ışık hızının karesinin çarpımına eşit olur: $E=mc^2$. Böylece, bir parçacık var olması nedeniyle, kendi kütlesi ile oranlı bir enerji taşır ("öz" enerji ya da "durgun" enerji). Benzer olarak, bu başvuru sisteminde, açısal momentum da parçacığın spini ile Planck sabiti (h) denen bir başka temel sabitin çarpımına eşit olur; bu nedenle de, spine, parçacığın bir "öz dönmesi" eşlenebilir.

YANSIMA SİMETRİLERİ

Çizelgemizdeki simetrilere, şimdilik, en azından elektromıknatıssal etkileşme, kütleçekimi etkileşmesi, zayıf ve kuvvetli etkileşmeler olarak bilinen dört temel etkileşmenin uyduğuna inanılmaktadır. Bu çizelgede, uzay-zamana bağlı simetrilerin tümü yer almamıştır. Örneğin, bir düzleme göre simetri ("parite"), ya da başka bir deyişle, biri öbürünün aynı görüntüsü olan iki cisim arasındaki simetri. Doğa yasaları, böyle bir dönüşüm altında değişmez midir? Ya da sağ ve sol arasında bir ayrım var mıdır; yani, biri öbürünün ayna görüntüsü olan iki deneyi, aynı sonucu vermedikleri için birbirlerinden ayırabilir miyiz? Uzun zaman, böyle bir deneyin bulunmadığı sanılmıştır. Elektromıknatıssal, kuvvetli ve kütleçekimsel etkileşmeler bu simetriye uymaktadır; ama 1956'da, T.D.Lee ve C.N.Yang, zayıf etkileşmelerin bu simetriye uymayacaklarını öngörmüşlerdir; onların öngörüleri birkaç ay sonra müon bozunumu deneyleri ile doğrulanmıştır.

Kısaca söz edeceğimiz, başka benzer simetriler de var: Bunlardan biri, "zamanda yansıma" ile ilgili olan ve madde ile karşıt-madde arasında gözlenen simetridir. Her parçacığa, kütlesi ve spini aynı, ama yükleri (elektrik, vb.) karşıt olan bir karşıt-parçacık eşlenmiştir: Örneğin, pozitron (1932'de bulunmuştur) elektrona, karşıt-proton (1955'de bulunmuştur) protona eşlenmiştir; foton, kendinin karşıt-parçacığıdır. Bizi çevreleyen dünya, karşıt-maddeden değil, maddeden yapılmıştır; karşıt-maddeyi yalnızca yapay olarak üretebiliriz (çok kısa süreler için). Yalnızca zayıf etkileşmeler, madde ile karşıt-madde arasındaki simetriye uymazlar. Son bir örneği daha belirtelim; kuantum mekaniğinden, özdeş iki parçacığın birbirlerinden ayırt edilemedikleri bilinmektedir (bu parçacıklar numaralanamazlar). Öyleyse, fizik yasaları, bu parçacıklar kendi aralarında değiştirildikleri zaman değişmez kalmalıdır. Bu simetriden çok önemli bir sonuç çıkar: Spinleri yarım-tamsayı olan (1/2, 3/2..) parçacıklar (fermionlar), Pauli dışlama ilkesine uyarlar; bu ilkeye göre, aynı anda, aynı bir enerji durumunda ancak iki fermion bulunabilir. Tamsayı spinli parçacıklar (bozonlar) için benzer bir dışlama yoktur.

İÇ SİMETRİLER

Uzay-zaman simetrilerinden başka, farklı doğadaki parçacıkların ikişer ikişer ya da daha fazla gruplar olarak kendi aralarında değiştirilebildikleri dönüşümler de vardır: Bu dönüşümlerde görülen simetrilere iç simetriler denir. Örneğin, atom çekirdeğinin yapıtaşları olan, nötron(n) ve proton(p) denen iki parçacık arasındaki simetri. Bu iki parçacık arasında, başlıca, çekirdeğin birarada tutulmasını sağlayan kuvvetli etkileşmeler vardır; bu etkileşmelere göre, ikisi de hemen hemen özdeş özellikler gösterirler. Bu nedenle, 1932'de Heisenberg, bu parçacıkları nükleon denen tek bir varlık gibi incelemeyi önermiştir. Nötron ve protonu ayırt edebilmek için, "izospin" denen ve proton için +1/2, nötron için -1/2 olan bir iç koordinat (ya da iç kuantum sayısı) tanımlanmıştır. Kuvvetli etkileşmelerin, bu yeni iç uzaydaki dönmeler altında değişmez oldukları postüla olarak alınmıştır (yani, n ve p kendi aralarında değiştirilebilirler). Böyle bir simetri neden ilginçtir? Çünkü, kuvvetli etkileşme yapan parçacıklar olarak tanınan hadronların, hemen hemen eşit kütleli aileler olarak saptanmış olan gruplanmalarının kuramsal açıklanmasına olanak verir. Bu da, herhangi bir simetri ilkesinin "yozlaşma" etkisi denen çok genel bir sonucudur.

İzospin simetrisinin yaklaşık bir simetri olduğu açıktır: n ve p'nun kütleleri tam eşit olmayıp, aralarında binde bir gibi çok küçük bir fark vardır; ayrıca, protonun bir artı elektrik yükü taşımasına karşın, nötronun yükü yoktur. Öyleyse, elektromıknatıssal etkileşmeler bu simetriye uymazlar (ayrıca, zayıf etkileşmeler de uymazlar). M.Gell-Mann ve Y.Neeman'ın 1961'de öngördüğü, izospin iç uzayına "hiperyük" denen yeni bir boyut ekleyen simetri, tüm hadronlarının sınıflandırılmasını sağlamıştır. Önceden bilinmemesine karşın, bu sınıflamanın öngördüğü Ω^- parçacığının varlığı da 1964'de deneyle doğrulanmıştır.

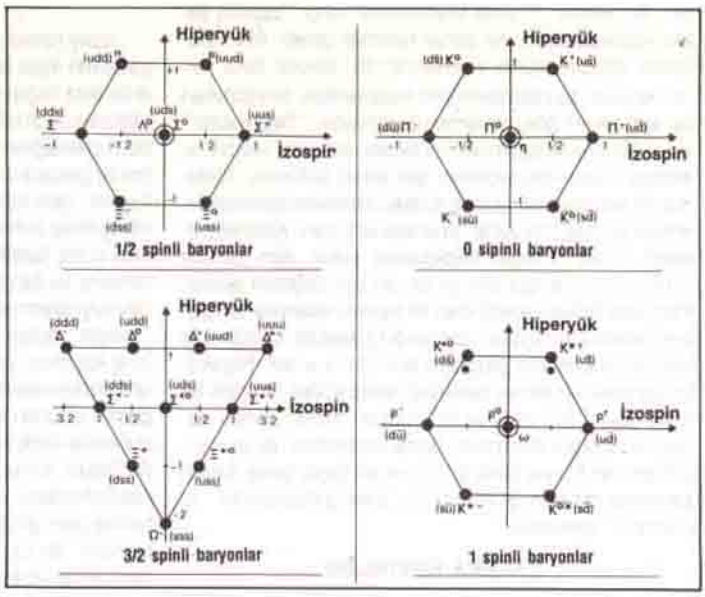
Şekilde görülen sınıflamaya, buradaki parçacıkların daha temel yapıtaşları arasındaki bir başka simetrinin eşlik ettiğini Gell-Mann ve Zweig bulmuşlardır. Kuark denen bu daha temel yapıtaşlarının sayısı izospin+hiperyük simetrisine göre, 3 olmalıdır; bunların u,d,s, olarak gösterilmelerinde anlaşmaya varılmıştır. Şekilde hadronların iki ya da üç bağlı kuarktan oluşan "bileşimleri"de verilmiştir. Kuarkların özelliği, elektron yükünün birer kesri olan yükler taşımalarıdır. Ayrıca, bağlı iki kuarkı birbirlerinden ayırmak olanaksızdır; buna, kapatılma olayı denir *(Bkz. **Maddenin Oluşumu**, Bilim ve Teknik, Sayı 237, Ağustos 1987)* Kuramın, daha başka simetriler nedeniyle öngördüğü kuarkların sayısı şimdilik 6'dır; bunların beşi deneysel olarak kanıtlanmıştır.

YEREL SİMETRİLER

Şimdiye dek, uzayın tüm noktalarına aynı anda uygulanan çeşitli simetri dönüşümleri altında, fizik yasalarının değişmezliğini açıklamaya çalıştık (Bu dönüşümlerde, tüm fizik nesneleri, örneğin aynı biçimde ötelenmiş ya da dönmüştür). Dönüşümün, farklı noktalar için farklı olacağı, daha genel yeni bir simetri türü de düşünülebilir; buna "yerel simetri" denir.

Gerçekten, elektromıknatıssal etkileşmelerin kökeninde böyle bir ilkenin bulunduğu çoktandır bilinmektedir. Kuantum mekaniğinde, bir parçacığın belli bir yerde "bulunma olasılığı"nı değiştirmeden, onun "dalga fonksiyonu"na bir

Solda: 3 kuarkın (u,d,s) çeşitli birleştirimlerinden oluşan iki baryon ailesi: 1/2 spinli bir baryonlar sekizlisi ve 3/2 spinli bir baryonlar onlusu. Her parçacığın kuark birleşimi gösterilmiştir: Örneğin n ve Δ°'ın birleşimleri aynıdır; ama kuarkların kendi aralarındaki düzenlenişleri farklı olduğundan, n'un spini 1/2, Δ °'ınki ise 3/2'dir.
Sağda: (u,d,s)'den seçilmiş bir çift parçacıktan (kuark, karşıt-kuark) oluşan iki mezon ailesi (karşıt-kuarklar, kuarkları gösteren harflerin üzerine çizilen bir çizgi ile gösteriliyor): 0 spinli bir mezonlar sekizlisi ve 1 spinli bir mezonlar sekizlisi. π°'nin şekil üzerinde gösterilmeyen birleşimi $u\bar{u}$ ve $d\bar{d}$'nin bir karışımıdır; benzer olarak, η da $u\bar{u}$, $d\bar{d}$ ve $s\bar{s}$'nin bir karışımıdır.



tür "iç dönme" uygulanacaktır. Böyle bir yerel dönüşüm, parçacıkla etkileşen ve foton denen yeni bir varlık getirir. Bu yerel simetriden, fotonun kütlesinin 0 ve spininin 1 olduğu, ve fotonun dönüşüm uygulanan parçacıkla etkileşmesini belirleyen denklemlerin Maxwell denklemleri olduğu çıkar. Bu yerel simetriye eşlik eden korunan büyüklük, parçacığın yüküdür. Elektromıknatıssal etkileşmede olduğu gibi, tüm etkileşmelere yerel simetriler eşlenebilir ve bu etkileşmeler spini 1 olan kütlesiz bozonların, (foton türü parçacıklar) etkileşen parçacıklar arasında değiş tokuş edilmesi ile gerçekleşir. Parçacıklar arasındaki çeşitli etkileşmeleri inceleyen kuramlara

Bir kristalin atomları arasındaki kuvvetler, tüm ötelemeler ve dönmeler altında değişmezdir.

"Ayar kuramları" denir. Genel durumda, etkileşmeleri sağlayan bozonlar, kendi aralarında da etkileşirler; bu etkileşmeleri ilk olarak, 1954'de C.N.Yang ve R.Mills incelemişlerdir.

Kuvvetli etkileşmelerde, kuarklar arasındaki değiş tokuş simetrisine bağlı Pauli dışlama ilkesinin sağlanması için öngörülen "renk" adı verilen ve üç değer alabilen ek bir iç kuantum sayısı vardır. *(Bkz. Maddenin Oluşumu, Bilim ve Teknik, Sayı 237, Ağustos 1987)* Bu iç uzayda yerel dönme simetrisi uygulanırsa, kuvvetli etkileşmelere katılan kütlesiz 8 tane "Ayar bozonu" elde edilir (glüonlar). "Kuantum kromodinamiği" denen bu kuram, kuarkların "kapatılması" nı da açıklamaktadır. Ancak, yerel simetriler zayıf etkileşmeler uygulandıkları zaman, kütleli "ayar bozonları" verirler; denklemlere giren böyle bir kütle, yerel değişmezliği bozar ve kuramı matematikçe uyumsuz kılar. Burada, şu gözleme dikkat etmek gerekir: Doğa yasalarının tam olarak uyduğu bir simetri, bizi çevreleyen dünyada görülmeyebilir. Kristal örneğimize dönersek, kristal atomları arasındaki elektromıknatıssal kuvvetlerin, tüm ötelemeler ve dönmeler altında değişmez olmalarına karşın, kristalin kendisi, yalnızca, kristal yapının atomlarının periyodik düzenlenişini koruyan belirli ötelemeler ve dönmeler altında simetriktir. Bu olaya, "simetrinin kendiliğinden kırılması" denir; böylece doğa, kendini yöneten yasalardan daha az simetrik görünmektedir.

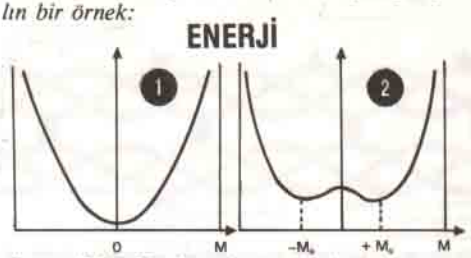
Simetrinin kendiliğinden kırıldığı durumlarda, Ayar bozonlarının kütle kazandığı yeni bir olay görülür. Zayıf etkileşmelerin yerel simetrilerde gösterdiği güçlük, simetrisi kendiliğinden kırılan bir Ayar kuramı ile giderilmiştir. Bu kuram, tek bir yerel simetriden geldiklerini göstererek, zayıf etkileşmelerle elektromıknatıssal etkileşmeleri birleştirmiştir. Kuramın öncüleri, P.Higgs, A.Salam ve S.Weinberg'dir.

"BÜYÜK BİRLEŞTİRME"

Elektrozayıf birleştirmesinden sonra, fizikçilerde yeni bir umut uyandı: Birleştirmeyi kuvvetli etkileşmelere de yaymak.

SİMETRİNİN KENDİLİĞİNDEN KIRILMASI

Simetrinin kendiliğinden kırılmasını açıklayan yalın bir örnek:



Bu grafikler, bir sistemin enerjisini, sistemin içinde bulunduğu durumun fonksiyonu olarak gösteriyor. Burada, sistemin durumunun, M ile gösterilen tek bir büyüklükte belirlendiği varsayılmıştır. Örneğin, mıknatıslı bir katının enerjisi incelenirken, M, toplam mıknatıslanmaya karşılık gelir. Bu durumda, eğri, yüksek sıcaklıklarda 1 No'lu biçimini, belli bir sıcaklığın altında ise 2 No'lu biçimini alır. 1 ve 2 No'lu eğrilerin ikisi de M ➡ — M dönüşümü altında değişmezdir. Denge durumunda, sistem minimum enerji durumunda bulunur. 1 No'lu eğri için, minimum enerji durumu tektir: M = O olduğu bu durum, M ➡ – M dönüşümü altında değişmezdir. Ama 2 No'lu eğri için, iki minimum enerji durumu vardır: M ➡ — M dönüşümü ile birbirlerine dönüşen $+M_0$ ve $-M_0$ durumları. Denge durumunda, sistem bu durumlardan birini seçer (bir kendiliğinden mıknatıslanma görülür); dolayısı ile, M ➡ — M simetrisi artık görünmez olur. Öyleyse, sistemi yöneten fizik yasalarının bir simetri dönüşümü altında değişmez olmalarına karşın, sistemin içinde bulunduğu durum değişmez değildir. İşte bu olaya, simetrinin kendiliğinden kırılması denir.

Bu umudun dayandığı düşünce, bilinen üç etkileşmenin de kaynağı olacak daha geniş bir simetri bulmaktır. Kristalin, ısıtıldığı zaman eriyerek tüm ötelemeler altında değişmezlik kazanmasındaki gibi, "Büyük Birleştirme"de, son derece yüksek bir enerjinin üstünde geçerli olabilecektir; bu enerjinin altında, simetri "kendiliğinden kırılarak", etkileşmeleri ayrı ayrı verecektir.

KÜTLEÇEKİMİ

Kütleçekimi de, çizelgemizde verilen uzay-zaman simetrilerini yerel yaparak, bir Ayar kuramı biçiminde anlatılabilir mi? Einstein'in 1916'da bulduğu "genel görelilik"ten beri bilinen, kütleçekimi etkileşmesine eşlik eden Ayar bozonu, spini 2 olan kütlesiz bir parçacıktır; "graviton" olarak adlandırılmıştır. Ancak, kuramcıların henüz çözememiş oldukları büyük bir güçlük vardır: Gravitona, nasıl bir kuantum mekaniksel anlam verileceği bilinmemektedir. Şimdilik büyük umutlar uyandıran gelişmelere göre, çok yüksek enerjilerde noktasal parçacıklar düşüncesini bırakarak, başka temel yapıtaşları bulmak gerekecektir: Uzayda çok küçük yer tutan süpercisimler gibi. Bu kuramda, uzay-zamanın yeni bir simetrisi olarak, "süpersimetri" denen ve bozonlarla fermionları birleştiren yeni bir tür simetri vardır. Bu yeni kuram, tüm temel etkileşmelerin birleştirilmesini gerçekleştirecektir; yalnız, buradaki simetri kırılmasının geometrik bir yapısı vardır: Uzay-zaman 10 boyutludur; bunlardan 4'ü olağan enerjilerde saptanabilir, kalan 6'sı ise 10^{-32} cm gibi sonsuz küçük boyutlu bir hacim içine "toplanmıştır".

Şimdi, etkileşmelerin en genel kuramını bulmak için çabalayan kuramcılara, yine simetri ilkeleri yol göstermektedir.

Science et Avenir'den çev.: Dr. Hanaslı GÜR

İLK UÇAKLARIN KANATLARI NEDEN ÇİFT KATLIYDI?

Kanatları çift katlı uçaklar yavaş uçmalarına rağmen çok kullanışlıdırlar. Her sene yapılan akrobasi uçuşlarda bunlar tek katlılardan daha çok sevilirler.

1930'lara doğru motorlu uçakların birçoğunun kanatları çift katlıydı. Kanatlar iki tane üst üste yapılmış çift kanat ve bunlara bağlı birçok gergi tahtası ve tellerden oluşmaktaydı.

Eski uçaklarda kanatların gergi tahtaları ve tellerle tutturulmasının avantajı,kanatların çok hafif olması ve aerodinamik yapılmalarıdır. Dezavantajı ise havaya karşı koymaya çalışmalarıdır. Gergi tahtaları ve teller rüzgâra karşı yapılmalarına rağmen hava direnci tek katlı kanatlardan daha büyük olur.

Üstelik çift katlar hem zor yapılır,hem korunmaları da daha zordur. Fakat kanatların yayılımı tek katlılardan hafiftir. Eski uçaklarda pilotlar üstü kalın örtülen bir Kanzel içinde oturmaktaydılar.

İlk motorlu uçak 1903 yılında uçmuştur. On sene sonra uçaklar posta taşımacılığına başlamışlardır. Birinci Dünya Savaşı'nda savaş uçağı olarak kullanılmış, kısa bir süre sonra ise yolcu taşımaya başlamışlardır.

Hobby'den çev.: Aysel YUVACI