

BOŞLUK ENERJİSİ

- Fizik için boşluk sanıldan farklıdır. Kuantum kuramı, boşluğun tam boşluk olmadığını göstermiştir. Boşluk, kaynaşan bir durumdur, çok dinamiktir, edimsiz (virtuel) parçacıklarla doludur. Çok şiddetli olayların oluştuğu bir yerdir. Boşluktan doğmuş bir parçacık çifti gözlenemez, fakat onların yığınsal etkisi gözlenebilir.

Stephane DELIGEORGES

Boşluk, boş değildir. Bu sözün, bir paradoks ile ilgisi yoktur. Boşluğun en derinlerinde bile sürgit birşeyler vardır. En iyi boşlukta bile, kimi varlıklar saklıdır. İçinde gaz, en küçük bir molekül, en yalın bir atom ya da en küçük kuar (bir kuantum parçacığı) bile bulunmayan bir uzay bölgesi düşünelim. Bu en boş sanılan uzay bile tam bir boşluk değildir; bir etkinlikler bölgesidir, alanlar vardır. Boşluk titreşir, dalgalanır. Boşluğun bu dalgalanmaları enerji demektir. Yüzyılımızın iki büyük fizikçisi, şaşırtıcı bir hesaplama yapmışlardır. Richard Feynman ve John Wheeler bir elektrik ampulünün içindeki boşluğu incelemişlerdir. Böyle bir boşluğun enerjisi, gezegenimizin tüm okyanuslarını kaynatmak için yeterlidir. Yoksa, bu sihir midir?

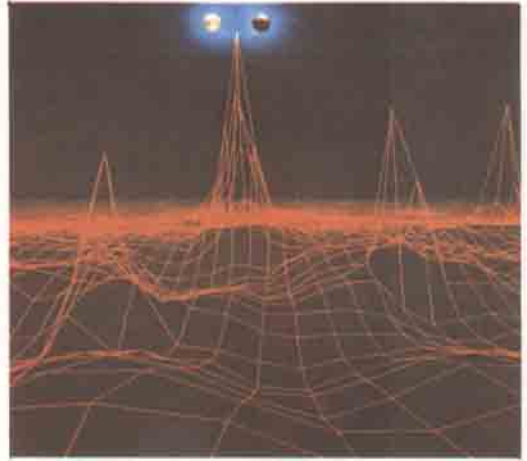
Bu boşluk enerjisinin çok küçük bir bölümünü bile çıkarabilmek ve kullanabilmek özellikle çok ilginç olacaktır. ABD'de Hugues Laboratuvarı'nda çalışan fizikçi Robert Faward bu konuda deneyler yapmaktadır.

Bir başka görüş açısından, günümüzün kozmoloji kuramlarında da fizikçiler, yerinde kuramsal nedenlerle, Evren'in başlangıcında boşluk enerjisinin oynamış olabileceği role başlamaktadırlar.

Böylece, bir kez daha, pek alışılmamış olan kuantum kuramına dönmek gerekmiştir. Kuantum evreninde, örneğin elektronlar, dalga-parçacık niteliği gösteren değişik nesnelere. Aynı anda hem dalga hem parçacıkta; her iki görünümün olabildiğince çelişik olan tüm özelliklerini sergilerler. Kuantum nesnelere, kendilerini klasik fizikçilerden temel olarak ayıran çok değişik yapıları vardır. Aynı şekilde kuantum kuramında, boşluğa da değişik bir yapı tanımak gerekir.

Çok eskiden, ilkağ'da, boşluk ve onun varlığı üzerine iki karşıt düşünce akımı vardı. Democrite gibi atomcular için, gerçeğin temeli, bir yandan bölünmez parçacıklar olan ve farklı düzenlenimlerle nesnelere oluşturulan atomlara, öte yandan da boşluğa dayanıyordu. Buna karşıt olarak da, Aristo'ya ve anlaşılması güç fizik ve metafizik usamlamalara göre boşluk yoktu.

Bu son anlayış, XVII. yüzyıla dek sürecekti. 1644'den başlayarak düşünceler değişti. 1644'de, Galile'in öğrencisi olan Toricelli termometreyi buldu ve ayrıca ünlü deneyini yaptı. Bir ucu kapalı bir cam boru aldı ve civa ile doldurdu. Sonra bu boruyu ters çevirerek, yine civa ile dolu olan bir kaba batırdı. Borudaki civa düzeyi alçaldı ve kaptaki civa düzeyin-



En iyi boşlukta bile, sıfır nokta enerjisi denen kalıntı bir enerjinin bulunması, bir paradoks gibi görünmektedir. Bu enerjinin kaynağı, elektromagnetsal alanların gelişigüzel dalgalanmalarıdır. Boşluğun bu dalgalanmaları, edimsiz parçacıklar denen parçacık çiftleri yaratırlar. Bu şekilde, bu olay anlatılmak isteniyor. Dalgalanmalar, bir elektrondan ve onun karşıt parçacığı olan pozitrondan oluşan bir çift üretmişlerdir. Bunlar, çok çabuk olarak birbirlerini yok edeceklerdir.

den yukarda bir yerde kararlı duruma ulaştı. Borunun üst ucunda bir boşluk, yani içinde madde bulunmayan boş bir uzay bölgesi oluştu. Blaise Pascal şu soruyu soruyordu: "Borunun yukarıdaki görünüşte boş olan uzayda, burayı dolduran fakat duyu organları ile algılanıp görülemeyen bir madde bulunamaz mı?"

Daha sonra Otto de Guericke lastik pompasını buldu; bir kürenin iki yarısını birbiri üzerine kapatarak, oluşan kürenin içinde boşluk oluşturdu. Deneyini 1654'de diète de Ratisbonne'da sergiledi. Küreyi karşılıklı iki yanından çeken on altı at, onu açmayı başaramadılar. Oyleyse boşluk vardı. XIX. yüzyılın sonuna doğru ise, Aristo ilkesini yeniden canlandıran bir başka boşluk kavramı ortaya çıktı. Gerçek bir boşluk elde etmek için, boşaltılacak kapalı yerdeki tüm maddeyi ve ayrıca da gazı dışarı çıkarmak gerektiği bellidir. Acaba bu yeterli midir? Yanıt kesin değildir ve fizik bu düşünceye de karşı çıkabilir. Bunun için, bir düşünce deneyi tasarlamak uygundur; öyle ki bu deneyde araç gereçler idealdir ve deney koşulları kusursuzdur. Önce, içinde tam olarak ayarlanmış bir pistonun kayabildiği bir silindir olması gerekir. Her şey ideal olduğundan piston, bir engel ile karşılaşmadan kayar ve kusursuz olarak hiçbir şey sızdırmaz. Başlangıçta, piston silindirin dibine dayanmıştır. Piston çekilince, silindirin dibinde oluşan uzay bir mutlak boşluk olmalıdır; piston hemen yeniden geri itilirse, başlangıç konumunu yeniden bulmalıdır. Fakat piston yeterince uzun süre çekilmiş ise, yeniden silindirin dibine yerleşemeyecektir. İçeriye hava sızması değildir, fakat boşluğun içinde bir şeyler üretilmiştir ve şimdi pistonun ilk konumuna ulaşmasına engel olmaktadır. Neden? Isıl ışınma nedeniyle. Fizikçiler, pistonun çekildiği sırada, çeperlerden bir ısı ışınımının yayıldığını ve boşluğu doldurduğunu göster-

mişlerdir. Öyleyse, piston geri itildiği zaman, bu ışımaya sıkışır. Bu basınç, bir gazın oluşturduğuna benzer bir kuvvet uygular. Böylece piston, ışımının sıcaklığını ve basıncını artırmış olur ve pistonun ilk konumuna ulaşması için, bu ışımının yeniden silindirin çeperlerinde dağılmasını beklemek gerekir. Bu ışımının kaynağı ısı olduğu, dolayısı ile sıcaklığa bağlı olduğu için, silindiri soğutmak gerekir. Mutlak sıfır sıcaklıkta, boşluğu dolduran tüm ışımaya sönecektir. Buradaki ısı ışımaya, elektromagnetsal ışımadan başka bir şey değildir; çeperleri oluşturan atomların elektronlarının ısı hareketlerinden yayınlanırlar. Boşluğa ulaşmak için tek olanak, sistemi önemli ölçüde soğutmaktır. Öyleyse, buraya dek incelenen durumlarda, boşluk soğutma ile sağlanır ve mutlak boşluk elde edilebilir.

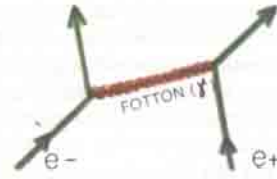
KUANTUM EVRENİNDE BOŞLUK

Şimdiye dek, klasik fizik dünyasında idik. Şimdi kuantum evrenine bir sıçrama yapmalıyız. Bu evrende, boşluk doludur. Bu söz ilk bakışta, temel bir nedenle, bir paradoks gibidir; fizik de, astrofizik gibi, boşluğun varlığını kabul eder; Evren büyük bir boşluktur ve içindeki madde bir istisnadır. Yıldızlararası uzay hemen hemen boştur. Bize içine sızılması çok güç görünen katımadde de, boşluktan oluşmuştur. Atomal ölçekte, çekirdekler ve elektronlar arasındaki uzay çok büyüktür. Madde boşluktan yapılmıştır ve onu oluşturan kütleler çok küçük uzay bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Bu düşünceye (her yerin boşluk olması ve maddenin evrende son derece seyrek dağılmış olmasına) karşıt olarak, boşluğun dolu olduğu düşüncesini de getirmek gerekir. John Wheeler bir yazısında, "Hiçbir düşünce bana şundan daha temel görünmüyor: Boşluk, boş değildir. En şiddetli fizik olaylarının oluştuğu yerdir." demektedir. Bunlar yukarıda da söylediğimiz gibi, sonsuz küçük boyutlar evrenindeki düzenlenimleri ve süreçleri inceleyen kuantum kuramının konularındır. Bu olaylar nasıl oluşabilmektedir?

Yukarıda, uzayı mutlak sıfır sıcaklık sınırlarına dek soğutarak, tüm ısı ışımını yok edebileceğimizi ve mutlak boşluğa ulaşabileceğimizi görmüştük. Fakat, kuantum kuramına göre, bu sıcaklıkta bile, boşlukta bir kalıntı (boşaltılama) ve kuşkusuz madde de olmayan bir şey) bulunacaktır. Bu en son kalıntı, elektromagnetsal alanlardan oluşmuştur. Boşlukta, mutlak sıfır ile ilgili olarak, fizikçilerin sıfır nokta enerjisi dedikleri bir kavram vardır. Mutlak sıfır sıcaklıkta, boşluk hiç durmadan dalgalanır, kıvılcıyan bir dalga yüzeyi gibi kaynaşır. Bu dalgacıklar, hiç durmadan parçacıklar yaratan dalgalanmaların bir görüntüsüdür. Bu parçacıklar ise, birbirlerini çok çabuk olarak yok ederler.

Boşluğun bu tuhaf etkinliğini anlamak için, kuantum elektrodinamiğinin birkaç kuramsal temelini tanıtmak gerekir. Bu temellerin ilki, bir eşitsizliğe dayanan Heisenberg belirsizlik ilkesidir. Bu ilke, bir parçacığın konumunu ve hızını aynı anda ölçmenin olanaksız olduğunu gösterir. Konum ve hareketin ölçümü üzerindeki bir belirsizlik önlenemez. Ayrıca fiziğin büyük bir ilkesi olan, enerjisinin korunumu yasasını da göz önüne almak gerekir. Hangisi olursa olsun, her etkileşimde bir enerji denkleşmesi hesabı vardır. İki bilya çarpıştıktan zaman, çarpışmadan önceki ve sonraki toplam enerjiler aynı olmalıdır; başka bir deyimle, giriş ve çıkış enerjileri kusuruz olarak denklemlenmelidir. Bu ilke, tüm fiziğin en kesin ilke-

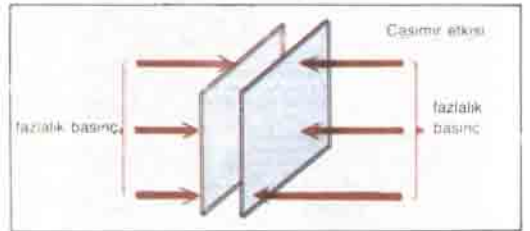
EDİMSİZ PARÇACIKLARIN DEĞİŞ TOKUSU İLE ETKİLEŞME



1. Kuantum kuramında, yalnızca, "kuanton" denen, kavram olarak çok değişik nesnelere vardır; bunlar aynı anda hem dalga, hem parçacık özellikleri gösterirler. Bir parçacığın bir başkası (burada, bir elektron (e^-) ve bir pozitron (e^+)dur) üzerine uyguladığı kuvvetin uzaktan iletilmesi, üçüncü bir kuantonun (burada, bir foton: γ) değiş tokuş edilmesi ile sağlanır. Böylece A ve B kuantonları arasındaki elektromagnetsal kuvvet, "edimsiz" parçacık denen C türünden bir kuantonun değiş tokuşu ile iletilir.



2. Boşlukta, hiç durmadan, elektromagnetsal dalgalanmaların etkisi ile, "edimsiz" parçacık çiftleri üretilir. Bunlar, hiç gözlenemezler. Yaratılışlarından yok oluşlarına dek gittikleri uzaklık ve momentumları, enerjinin korunumu ilkesini bozar. Kuantum kuramına göre, böyle bir bozulma olağandır; çünkü bunların son derece kısa olan yaşamları, gözlenmelerine izin vermez.



3. Boşluktan doğan bir edimsiz parçacık çiftinin kendisi değil, fakat bu çiftlerin yığılmsal etkisi gözlenbilir: Çesimiri etkisi. Bu gözlem için, mutlak sıfıra (-273°C 'e) yakın sıcaklıktaki, içi boş bir kapalı kaba, birbirine çok yakın iki metal yaprak yerleştirilir. Fizikçilerin sıfır nokta enerjisi dedikleri elektromagnetsal ışınım, bu yapraklara dıştan, çok küçük bir fazladan basınç uygular ve onları birbirine yaklaştırır. Bu yaklaşmayı, fizikçi, Sparnaay 1958'de ölçmüştür. Öyleyse, bir boşluk enerjisi vardır.

lerinden biridir ve kuşkusuz, mikroskobik evrenin parçacıkları arasındaki etkileşimlere de ayrıcalıksız olarak uygulanır. Yalnız, kuantum kuramınca incelenen boyutlar düzeyinde Heisenberg eşitsizliklerini gözönüne almak gerekir. Bu eşitsizliklere göre, örneğin bir elektronun enerjisi ölçülürse ve bu ölçüm çok kısa fakat belirli bir zaman alırsa, enerji ölçümündeki belirsizlik ölçümün süresi ile ters oranlı olur. Bu, mantıksal bakımdan, çok kısa süreler için, enerji ölçümündeki belirsizliğin çok önemli olabileceği anlamına gelir; ve bu sonuz küçük süre içinde, bu enerjinin son derece büyük olabileceğini düşünmek için hiçbir engel yoktur. Böylece, enerji korunumu yasasının gerektirdiği çok kesin denkleme hesabı, belirsizlik ilkesi nedeniyle bozulmuş olur. Sonuç olarak, boşluktan, kısa yaşamlı parçacıklar yaratılabilir. Bunların yaşamları öyle kısadır ki, kendileri yüksek enerjili olurlar. Örneğin, bir proton ve bunun çevresinde hiç durmadan dolağan bir elektrondan oluşan bir sistem düşünelim; buradaki elektron da, boşluktan yaratılmış parçacıklarla sarılmış olsun. Bunlar, proton ve elektron arasında bulunan elektromagnetsal alanların dalgalanmasından yaratılan bir parçacıklar bulutu oluştururlar. Fizikçiler, bu alanların gelişigüzel olarak dalgalandıklarını ve edimsiz denem parçacıklar ürettiklerini açıklamaktadırlar. Bunlar, edimsiz olduklarından, proton ve elektron gibi gerçek parçacıklardan farklıdır. Bunun dışında, boşluktan gelen ve zorunlu olarak yine oraya dönen bu edimsiz parçacıklar, kısa yaşamları süresince, bilinen parçacıklar gibi gerçeklerdir. Fizikte, bu edimsiz parçacıkların çiftler halinde üretildiklerini düşünmek gerekir. Bu ise, yine enerji korunumu türünden bir başka büyük ilke, momentumun korunumu ilkesi nedeniyle. Elektron ve pozitron böyle bir çifttir; bu çiftlerin her biri, yine belirsizlik ilkesi nedeniyle gözlenemez. Yaratılışlarından yok oluşlarına dek gittikleri uzaklık ve hızları bir başka Heisenberg eşitsizliğini sağlarlar.

Başluktan çift yaratılmasının enerji korunumunu bozduğunu, fakat iyi bir hesaplayıcı olan doğanın buradan ışık el-

de ettiğini belirtelim. Bu süreç ile boşluktan ödünç alınan enerjinin istendiğince çok olabileceğini özellikle yineleyelim. Ödünç alınan enerji ne kadar çoksa, parçacığın yok oluşunda ödenecek olan borcun süresi de o ölçüde kısa olacaktır.

Böylece, herhangi bir uzay bölgesi en küçük bir parçacığın bile bulunmadığı ölçüde boştur; bu boşlukta, yalnızca gelişigüzel dalgalanmalar vardır. Bu dalgalanmalar ise, boşluktan sürekli olarak edimsiz parçacıklar üretirler ve bunlar oluştukları ancak gözlenebildikten hemen sonra yiterler.

Bu açıklamalardan sonra, her şeyin kaynağının boşluk olduğunu söyleyebiliriz; boşluktaki alanların dalgalanması, bilinen tüm parçacıkların, yüksek enerji fiziğindeki elektrondan (en hafif) en bilinmeyene (en ağır) dek tüm parçacıkların oluşmasını sağlayabilir. Öyleyse boşluk, eylemsiz ve özelliksiz boş bir uzay olarak değil, tam tersine, enerji titreşkeni olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla, John Wheeler'ın açıkladığı gibi, boşlukta yer değiştiren bir elektronu, her türden edimsiz parçacığın oluşturduğu bir çorba içinde yüzüyor ve onların sürekli saldırısına uğruyor olarak düşünebiliriz.

Şimdi, haklı olarak, boşluğun böyle bir etkinliğinin herhangi bir kanıtlanmasın olup olmadığı sorulabilir. Kuramın, edimsiz parçacıkların öngördüğü kesindir; fakat, bunların varlığı gerçekten gözlenebilmiş midir? Yanıt, evettir.

Başluktan böyle bir etkinliği olduğunu gösteren ilk gözlemsel gerçeği, 1940'lı yılların sonuna doğru, Hollandalı fizikçi Hendrik Casimir saptamıştır. Edimsiz bir parçacık çifti gözlenemese bile, onların yığınsal etkisi gözlenebilir. Casimir etkisini gösteren düzenek şöyledir: İki boş bir kapalı kaba, iki metal yaprak yerleştirilir ve sistem soğutulur. Sıfır nokta enerjisine ulaşmadan önce, ısı ışına iki yaprağı birbirlerine yaklaştırmaya çalışır; sıfır nokta değerinde ise, elektromagnetsal ışınım kuvveti de yaprakları birbirlerine doğru iter. Böylece, boşluk enerjisi bir basınca yol açmaktadır. Bu en küçük fazlalık basınç, 1958'de bir başka Hollandalı fizikçi M. Sparnaay tarafından ölçülmüştür.

Başluk enerjisinin ikinci ve görkemli örneği, Lamb kayması adı ile tanınır. Yukarıda gördüğümüz gibi, elektronu bir atomun çekirdeğine bağlayan elektromagnetsal alan, edimsiz parçacıklar çorbasından bir elektron-pozitron parçacık çifti yaratabilir. Bu edimsiz parçacıkların yaratılıp yok edilmesi, fizikçilerin boşluğun kutuplanması dedikleri olaya neden olur. Bu kutuplanmanın etkisi, elektronun çekirdek çevresindeki yörüngesinin hafifçe değişmesi biçimindedir. Willis Lamb, bu küçük yer değiştirmeyi olağanüstü bir duyarlılıkla ölçebilmiştir. Bu ölçüm ona Nobel ödülü kazandırmıştır. Böylece, günümüz kuantum elektrodinamiği hesaplamalarında, boşluğun enerjisinden ileri gelen Lamb kaymaları da gözönüne alınır. Şimdi, bu kaymanın ölçümü, tüm fiziğin en önemli ölçümlerinden biridir.

Kuşkusuz, boşluğun enerji kaynağı olarak kullanılması sorunu çözümlenmiş değildir. Çekirdek kaynaşmasının denetlenmesinde karşılaşılan güçlük bilindiğinden, boşluktan enerji elde edilmesi düşüncesinin, fizikçilerin dudaklarında kuşku bir gülümsemeye neden olacağı sanılmaktadır. Yine de, Robert Foward'ın, Casimir etkisinden yola çıkarak, boşluktan elektrik enerjisi çıkarma ile ilgili çalışmaları tarihsel bir adım olarak kalacaktır.



Hendrik Casimir, boşluktan doğan edimsiz parçacıkların varlığını göstermiş olan ilk fizikçidir.