

EVRENİN SONUNDAKİ ZAR

- Mevcut her şeyi açıklayabilen bir teori arayışındaki kuramcılar, süpersicim (supersstring) teorisine yeni bir boyut daha kattılar: Süperzar (supermembrane), evreni 11 boyutta sınırlıyor.

1 984 yılında, durgunluk safhasındaki teorik fizik, büyük bir devrimle canlandı. Ortaya atılan süpersicim teorisi, olan her şeyi açıklayabilen nihai bir teoriyi beraberinde getirmeyi vaat ediyordu. 4 yıl sonra bugün, hâlâ süpersicim, tüm fiziği izah edebilecek bir teori bulma ümidini veren tek teori olmadığını gösterdi: "Süperzar" fikri üzerine kurulu bir teori ile, daha anlamlı bir sonuca ulaşılabilir.

1984 yılından önce, her şeyi açıklayan bir teori arayışındaki fizikçiler, teorik fiziğin iyi anlaşılması için birleştirilmekte engelle karşılaştılar. Bunlardan biri Einstein'ın göreceli çekim teorisi, diğeri ise güçlü nükleer ve zayıf elektrik kuvvet kuantum teorilerini birleştiren "standart model"di. Güçlü kuvvetler, proton gibi parçacıklar içindeki quarkları birarada tutar. Zayıf elektrik kuvvet ise, elektromanyetik kuvvet ve radyoaktiviteyi doğuran zayıf nükleer kuvvet olarak iki kuvvetin birleşmesinden oluşur. Bu ikisi, yani standart model ve genel görecelik, bilinen 4 temel kuvveti açıklamaya yeterlidir.

Güçlük, genel görecelik ve standart modeli birleştirmekte, başka bir deyişle, zayıf elektrik kuvvet ve güçlü kuvvetler gibi çekim kuvvetini de izah edebilecek bir kuantum teorisi geliştirmekte ortaya çıkar. Böyle birleştirilmiş teoriler, her zaman eksikliklere ve anormalliklere yol açmıştır.

"Anormal" kelimesi, teoremcilerin, klasik olarak kuantum tarifinden uzak bir teori ile oluşturulan matematiksel bir simetrisinin kuantum etkileri göz önüne alındığında bozulmasına verdikleri isimdir. Böyle anormallikler, özellikle, kuantum teorisine uygun bir yaklaşımla bir hadisenin olabirliği hesaplanırken aykırılığa düşülmesine neden olmaktadır. Bir olay hakkında tahminde bulunurken muhtemel tüm sonuçların olabirliği hakkındaki tahmini değerlerin 0 (olmayacak) ile 1 (olacak) arasında olması gerekir. Kuantum teorisinde de muhtemel tüm işlemlerin toplamının "1" olması bir zorunluluktur. Eğer bir anormallik bunun doğruluğunu engellerse, teoriyi "matematiksel olarak uygunsuz" olarak kabul edip reddetmeliyiz. Her şeyi açıklayabileceğini iddia eden bir teori, deneysel olarak test etmeyi düşünmeden önce, anormalliklerden uzak olduğunu ispatlamalıdır.

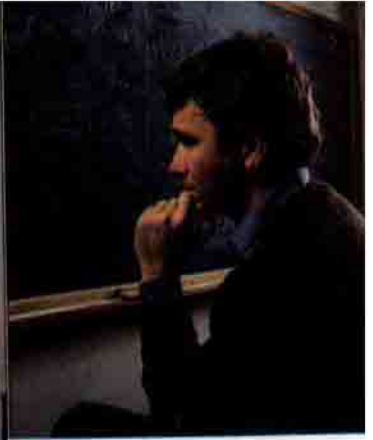
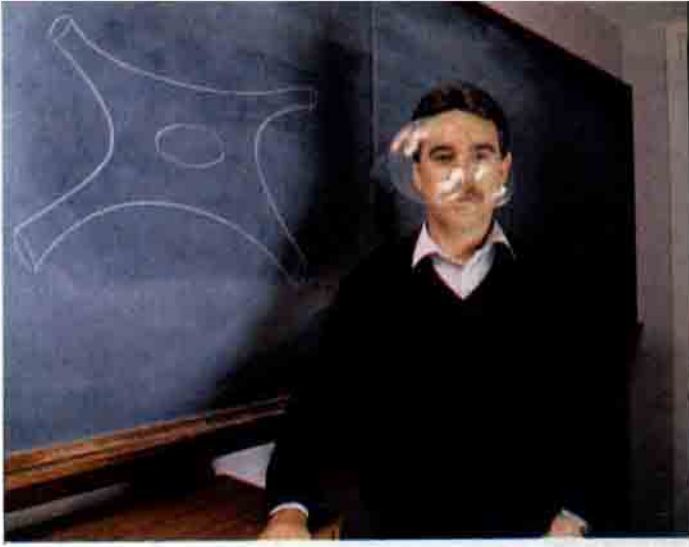
Eğer her şeyi açıklayabilen bir teori arayışıyla



pek çok konu açıklığa kavuşturuluyorsa, "öyleyse mesele nedir?" diye sorulabilir. Fakat unutulmalıdır ki, böyle bir araştırmadan beklenen şey, basit bir estetik anlayış değildir. Mesela, standart modelin ortaya attığı pek çok soru hâlâ cevapsızdır. Örneğin, niçin temel parçacıklar gözleyebildiğimiz kütlelere sahiptir? Niçin atom çekirdeğini oluşturan quarklar ve elektronları meydana getiren leptonlar gibi iki ayrı temel yapı birimi vardır? Çoğu kuramcının ümidi, bütün fizik kuvvetlerinin tanımını yapabilen bir teorisinin, bu gibi soruların tümüne cevap verebilmesidir.

1984'te yaşanan heyecan, Michael Green ve John Schwarz'ın çalışmalarından kaynaklanmaktaydı. Söz konusu bilim adamları, teorisinin özel bir türünde, kuantum çekiminden doğan anormalliklerin, diğer kuvvetlerden doğanlardan ortadan kaldırdığını gösterdiler. Fakat bu sadeleşme olayı, süpersicim teorisinin oldukça spesifik bir türünde geçerliydi. Yine de sonunda, anormalliklerden uzak ve arzulanan eşsizliğe sahip bir teoriye varmak için önemli bir ipucu ele geçirilmişti.

Süpersicim teorisi nedir? Standart modelde birleştirilmiş teorilerde, temel parçacıklar ya da nesnelere nokta gibi olup, uzayda herhangi bir boyutları yoktur. Bu nesnelere bir uzay-zamanda hareket ettiği, geçtiği yerlerde tek boyutlu bir evren hattı



Süperteori II : Michael Duff'ın süperzarı, Michael Green'in sicimlerinden bir adım daha ilerde.

(world line) çizer. Sicim teorilerinde ise, temel nesnelere, tek boyutlu, çok ince sicimler gibidir. Bu durumda, nesnelere uzayzamanda ilerlerken, iki boyutlu evren tabakasını (world sheet) ortaya çıkarırlar. Süpersicimde temel nesnelere, süpersimetri adı verilen bir simetriye uymak zorundadır. Süpersimetri, standart modelin getirdiği iki sınıf nesneyle alakalıdır: Bozonlar ve fermionlar.

Standart modelde, maddenin yapı taşları olan lepton ve quarklar, fermionlardır. Fakat fotonlar, nötron ve protonların içindeki quarkları birbirine bağlayan gluonlar gibi temel kuvvetleri taşıyan parçacıklar, bozonlardır. Süpersimetri fermionları bozonalara, ya da bozonları fermionlara dönüştürür. Yani, iki süpersimetri olayının sonucu, uzay-zamanda gerçekleşen basit bir dönüşümdür.

Genel görecelik teorisi de, büyük boyutlarda aynı işlemleri gerektirerek, çekim kuvveti dediğimiz olaya yol açar. Yani "çekim" süpersimetrisinin doğal bir sonucudur.

Böylece, süpersimetriye uygun olarak davranan sicim benzeri temel cisimcikleri tanımlayan bir süpersicim teorisi, otomatik olarak çekim kuvveti için de bir kuantum teorisi sağlamıştır. Fakat böyle bir teori çalışır mı? Green ve Schwarz'ın buldukları cevap ilginç: "Hayır, genellikle hayır". Sadece çok özel bir durumda teori işe yarıyor. Süpersicimlerin, 10 boyutlu bir uzay-zamanda hareket etmesi gerekir.

İlk bakışta 10 boyutlu uzay-zamanda öngörülen bir teori, matematiksel bir tuhaftan farklı görünmemektedir.

Her şeyden önce biz 4 boyutlu 3 uzay + 1 zaman boyutu) bir uzay-zamanda yaşamaktayız. Bunun yanında araştırmacılar 4'ten daha fazla boyutta

tarif edilen bir teorisin, 4 boyutlu kainatı da tarif edebileceğini savunuyorlar.

1919'da Königsberg Üniversitesi'nden Theodor Kaluza, genel relativite eşitliklerini, 4 değil 5 boyutta çözümlenmeye karar verdi. Böyle yapmakla Einstein'ın alışılmış 4 boyutlu göreceliğini, Maxwell'in elektromanyetik eşitlikleriyle birlikte göz önüne aldı. Elektromanyetizma, görünmeyen 5. boyutun bir sonucu gibi görünüyordu.

Birkaç yıl sonra, 1926'da, Copenhagen Üniversitesi'nden Oscar Klein, bu 5. boyutun gerçekten var olabileceğini ve görünmediğini ispatladı. Boyutlardan dördü sonsuza doğru, ters yönlere grafik eksenler boyunca uzanmakta, 5. boyut ise bir daireyi takip eder gibi kendi etrafında dönüp durmaktadır. Dairenin çapı çok küçük olduğundan, bu fazla boyutu algılayamamaktayız. Bunu daha iyi anlamak için bir hortumu göz önüne getirelim: Uzaktan bakıldığında tek boyutlu gibi görünen hortumun, yakından bakıldığında dairesel bir kesite sahip olduğunu görürüz.

1984'le beraber kuramcılar 4'ten fazla boyuta alışmışlardı. Fakat bu ekstra boyutlar, bildiğimiz evrene ters düşmeyecek şekilde sıkışmıştı. Fizikçiler, süpersimetri üzerine temellendirilen, 11 boyuta kadar pek çok çekim teorisi şekillendirdiler.

11 boyuttaki teoriler özellikle ilginçti; çünkü süpersimetrisinin izin verdiği maksimum boyut sayısı 11'di. Öyle görünüyor ki, 11 sınırı oldukça gerçekçi bir yaklaşımdı; hakikaten, 7'si sıkışarak elektrik yükü gibi iç parçacık özellikleri sağlayan 11 boyutlu bir alemde yaşamaktayız.

10 İLE GELEN PROBLEM

Süpersimetri üst sınırı olarak 11'i öngörürken,

süpersicim teorisi neden yalnızca 10 boyutta işliyor? Süpersicimin cevap vermediği daha pek çok soru var. 10 boyutlu süpersicim teorisi, gerçekten sonlu mu? Hiç sonsuz değer içermiyor mu? Gerçekten eşsiz mi, başka alternatif yok mu?

İlk önce, 10 boyuttaki süpersicim teorisinin sonlu olup olmadığını düşünelim. Halihazırda bunu ispat eden güçlü bir delil yok; fakat uzmanlar, yakında bulunacağına dair iyimser görüşlere sahip. Yine de bu iyimserlikle beraber, sicimlerin, önceki teorideki tek boyutlu noktaların tersine "uzayan" nesnelere olduğu göz önüne alınmalıdır.

Bunun da ötesinde eşsizlik iddiası var. 1985'te birbirinden ayrı ve her biri iddialı 5 ayrı süpersicim teorisi olduğu bilinmektedir. Fakat teoriler arasında bazı farklar vardır. Mesela bir teoride sicimler açık uçluysen, diğerlerinde kapalıdır. 1986'da eşsizlik iddiaları çoktan zayıflamaya başlamıştır. 10 boyutta sadece 5 işe yarar sicim teorisi olabilir; fakat bunlardan biri, seçilip, gözlenemez oranlara sıkıştırılmış 6 fazla boyutla, 4 boyutlu evrenin gerçekleriyle yüz yüze geldiğinde acaba ne olur?

Rutherford Appaleton Laboratuvarı'nda çalışmalarını sürdüren Kuman Narain, farkında olmadığımız, kendi içine sıkıştığı farz olunan fazla boyutların, 4 boyutlu evreni tanımlayabilen binlerce matematiksel simetrisinin doğusuna imkân verdiğini söylüyor. Böylece, orijinal süpersicim teorisinin iki süpersimetri ikisi etkisiz kalmaktadır.

Diğer kuramcılar, Narain'ın bu fikrinden yola çıkarak, pek çok değişik 4 boyutlu süpersicim teorisi geliştirmişlerdir.

Gerçekte kaç teori kurulabileceğini kimse bilmiyor; fakat milyonlarca olabileceği kesin. İlginç iddialardan biri de, tüm bu teorilerin aslında birbirinden farklı olmayıp, tek ve ortak bir teorisinin değişik fazlarının tarifleri olmasıdır. Tıpkı suyun buz, su ve buhar halinde bulunması gibi, süpersicim teorisi de bizim birinde varlığımızı sürdürdüğümüz milyonlarca değişik fazda bulunabilir.

Bu fikir teorik olarak sağlam olsa da, sicimler-



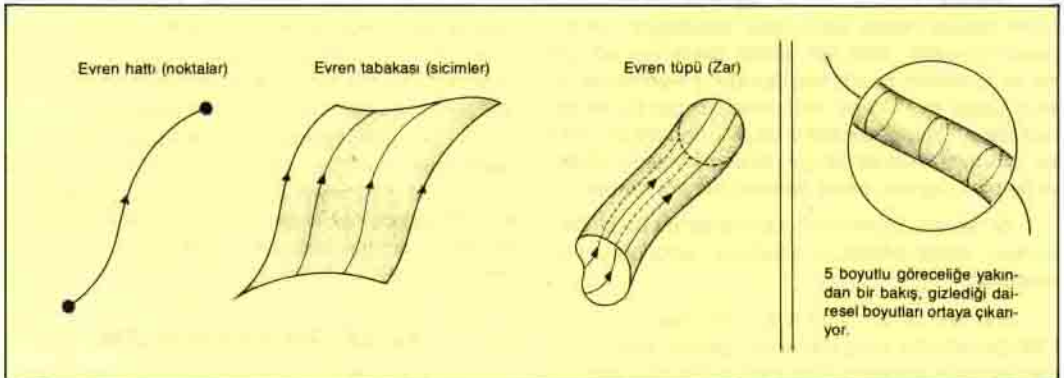
Paul Dirac, temel parçacıkların noktadan çok, zar yapısında olduğunu ileri süren ilk kişiydi.

den deneysel tahminler çıkartılmasına hiç de yardımcı olmamaktadır. Bir kere, milyonlarca değişik evren mümkünse niçin bir başkasında değil de bu şekilde yaşıyoruz?

Süpersicimler üzerinde çalışan bazı uzay bilimciler, tüm fazların Big Bang'tan hemen sonra yaratıldığını ve evrenin çeşitli kısımlarında varlıklarını devam ettirdiklerini savunuyorlar.

Trieste Uluslararası Fizik Merkezi'nde süperzar üzerinde çalışan bir grubun geçen yılın başlarında yayınladıkları çalışma, tüm bunlardan farklıydı. Eric Bergshoeff, Ergin Sezgin ve Paul Townsend, nesnelere yine sicimler şeklinde düşünmekle beraber, bu sicimlerin uzayda birden fazla boyutta uzandığını savunuyorlar. Bunlardan bir, iki uzaysal boyutu olan süperzardı ki, zaman boyutunda, 11 boyutlu süpersimetrik uzay-zaman bütününe karşı hareket etmekteydi. Teori burda daha da çarpıcı olmaktadır; çünkü 11 boyut, süpersimetrisinin izin verdiği maksimum değerdir.

Süperzar, yeni ortaya atılmış bir fikir değil. Teksas Üniversitesi'nden James Hughes, Jun Liu ve Joseph Polchinski bu konuda daha önce bir yazı hazırlamışlardı. Dahası, temel parçacıkların zar fikriyle tanımlanabileceği iddiası, 20. yüzyılın en büyük



teorik fizikçilerinden Paul Dirac tarafından 1962 yılında ortaya atılmıştı. Bergshoeff ve arkadaşlarının yayınlarından sonra ise, süperzar bir anda yeniden ilginçlik kazandı.

Cambridge Üniversitesi Uygulamalı Matematik ve Teorik Fizik Bölümü'nden, içlerinde Townsend'in de bulunduğu bir başka grup, 11 boyuttaki süperzar hakkında daha değişik bir keşif yaptı. Araştırmacılar, sadece 12 uzamış nesnenin süpersimetriye uyduğunu buldular. Bunlardan biri Green ve Schwarz tarafından bulunan 10 boyutlu süpersicim, diğeri ise bununla yakından alakalı 11 boyutlu süperzardı. Gerçekten de aynı sıralarda CERN (Avrupa Parça Fiziği Araştırma Merkezi)'i ziyaret eden bir grup fizikçi, 11 boyutlu zardan yola çıkarak, buna mutabık 5 süpersicim teorisinin birini çıkarabildiklerini açıkladılar. Michael Duff, Paul Howe, Takeo Inani ve Kelly Stelle, "kendiliğinden boyut indirgeme" tekniğini kullandılar. Diğer bir deyişle, uzay-zaman yapısı 11 boyuttan 10 boyuta inerken, onlar da temel nesnelerin boyutunu iki (zar)'den, bir (sicim)'e indirgiyorlardı. Bu gelişme 11 boyut teorisinin temelini daha iyi olduğunu göstermekteydi.

Her şey güzel, fakat acaba süperzar teorisi de süpersicim teorisini üne kavuşturan iddialara sahip mi?

Başlangıçta hiç de öyle görünmedi. Her şeyi açıklama iddiasındaki bir teorisinin, pek çok şartını ihlâl eden süperzann başansız olması için oldukça geçerli sebepler ortaya çıktı. Zorlukların bazılarının üstesinden gelmek kolay olsa da, diğerleri oldukça yıldırıcı gözüküyordu.

Özellikle teorisinin kütesiz parçacıkları iki dönüşlülerle uyuşturması gerekiyordu. Bir çekim kuantum teorisini, bu gibi parçacıkların graviton denilen çekim kuvvetini taşımasını gerektiriyordu. Fakat ilk çalışmalar, zarlara dayalı bir teorisin bu gibi parçacıklara yer vermediğini gösterdi. Ek olarak, şüphesiz teorisinin sonsuzluktan ve anormalliklerden uzak olması gerekmekteydi.

Itzak Bars, Christopher Pope ve Sezgin'in kütesiz parçacıkların süperzar teorisinde bulunabileceğini göstermesiyle, Ağustos 87'de bir gelişme kaydedildi. Dahası, araştırmacılar yalnızca 11 boyutlu süperzann, kütesiz parçacıkların 2 dönüşlü gravitonları içermesine imkân verdiğini buldular. Burada yine 11 boyutun önemi ortaya çıkıyordu.

Aynı sıralarda Bars, bir başka problemin üstesinden gelmişti. 10 boyutta tanımlı süpersicim ve 11 boyutta tanımlı süperzar teorileri dışındaki bütün teorilerde kaçınılmaz anormallikler olduğunu gösterdi. Green ve Schwarz daha önce bu anormalliklerin, süpersicimde, birbirlerinin etkisini ortadan kaldırdığını bulmuşlardı. Bars ve Pope bunu ispatlamaya devam ederek, en azından bazı durumlarda 11 boyutlu süperzardaki anormalliklerin de birbirini sadeleştir-

diklerini gösterdiler. Süperzann güvenilirliği ise daha fazla görünüyordu.

Aynı zamanda Bergshoeff, Duff, Pope ve Sezgin, 4 uzay-zaman ve küre karakterinde 7 sıkışmış boyutu içeren teoriye kalıcı çözümler getirdiklerini açıkladılar. Öyle görüldüğü ki, 3 boyutlu süperzar (2 uzay + 1 zaman) -evrenin sonundaki zar-, 4 boyutlu uzay-zaman evreninin boyutlarını oluşturuyor.

Geriyeye "sonsuzluk" meselesi kalıyor. Fakat süperzarların sicimler gibi uzayan nesnelere olmasının, normalde noktalara dayanan teorilerden doğan sonsuzluğu önleyebileceği umudu vardır. Yine de bu konu zar teorisi için büyük problemler oluşturuyor. Gerçekten de baştan beri, bazı sicim kuramcıları süperzar fikrine karşı çıkarak, bunun daha çok sonsuzluk problemi doğuracağını iddia etmektedirler. Çünkü, 11 boyutlu zarın kendisi için olduğu kadar, sonsuzluk, 3 boyutlu uzay zaman için de bir problem doğurmaktadır (Evren tabakası 2 boyuta dayandığından, sicim teorisinde bu sorun yoktur).

Süperzardaki sonsuzluk sorununu halledecek gibi görünen bazı işaretler yakınlarda belirdi. 1987 sonlarına doğru, Miles Bilencowe ve Duff, 4 boyutlu uzay-zaman simetrisinin, çok çarpıcı sonuçlara varılmasını sağladığını buldular. Teori, 3 boyutlu uzay-zamanda sonsuzluktan uzak olmalı; bu ise ortaya çıkan özel bir simetri sayesinde sağlanabiliyor. Hermann Nicolai, Sezgin ve Yashioki Tani, aynı şeyi var dikanlar sonuçlarda, süperzar teorisinin bu güçlüğün de üstesinden geldiği fikrinde birleştiler.

Süperzarların geleceği ne olacak? Zaman ne getirirse getirsin, teorik fiziğin zenginleşeceği ortadadır. Süperzar teorisinin yanlışlığı da ispatlanırsa, bu gerçek, süpersicim teorisinin daha iyi anlaşılabilirliğinde durulmasını sağlayacaktır. Süperzann doğruluğu ispatlanacak olursa sonuç daha da ilginç bir hal alacak, süperzar için dört boyutlu bir uzay-zamanda yaşadığımız konusunda bizi aydınlatılabilecektir. Bununla beraber, ister süperzar, ister süpersicim olsun, "her şeyin teorisi" ünvanını almadan önce bir teori birtakım sınavlardan geçmek zorundadır.

New Scientist'den çev.: Gürkan ÖZTÜRK

