



# Boşluğun Yeni Hakimi Beşinci Kuvvet

*Evren'in nasıl ortaya çıktığını tam olarak bilen yok.. Gerçi neredeyse sonsuz sıcaklıkta ve sonsuz küçüklükte bir noktanın 13-15 milyar yıl önce büyük bir patlamayla aniden genişlemesiyle varlık kazandığı yolunda yadsınamayacak kanıtlar var. Ama başlangıçta bir bütün olan dört temel doğa kuvvetinin nasıl ayrıştığı, Evren'in neden oluştuğu, yoğunluğu, biçimi kesin olarak bilinmiyor. Oysa nasıl sona ereceği neredeyse kesin: Öyle anlaşılıyor ki, gidişimiz, gelişimiz gibi görkemli ışık gösterileriyle olmayacak. Bunu kanıtlayan yeni gözlemler var. Başta, Evren'in artan bir hızla genişlemesi geliyor. Gözlemler, ortaya bazı güç sorular da çıkarmıyor değil. Ancak, bu soruları yanıtlayacak araçlar, kuramsal planda da olsa geliştirilmiş bulunuyor. Son yıllarda genişlemeyi açıklamak için kütleçekiminin tersi bir etki yapan bir kozmolojik sabitten söz edilir olmuştur. Şimdiyse fiziğin cansimidi, "beşinci kuvvet" diye adlandırılan, değişken bir boşluk enerjisi.*

**Ö**NÜMÜZDEKİ birkaç on bin yılda İnsanlık kendi kendini yok etmez, teknolojisini geliştirip gezegenden gezegene atlayarak uzaya yayılırsa, torunlarımızın en şanslı olanları sırasıyla şunları görecek:

Yaşamımızı borçlu olduğumuz, yaklaşık beş milyar yaşındaki Güneş, bir o kadar yıl sonra yakıtını tüketip ölecek. Yıldızların büyük çoğunluğu Güneş'ten küçük olduğu için ömürleri daha uzun. Kütlesi, Güneş kütesinin onda biri büyüklüğünde olan bir yıldız, 10 trilyon yıl kadar yaşayabiliyor. Ama eninde sonunda gökadalarda yıldızları oluşturan gaz tükenecek ve yıldızlar teker teker sönecek; Evren kararacak, sonsuz bir gece başlayacak. Aslında gaz stoklarımız tükendiğinde bile tek tük yıldızlar oluşmaya devam edecek; çünkü başlangıçta yıldız olacak kadar, yani merkezlerinde çekirdek tepkimeleri başlatacak kadar büyümemiş olan "kahverengi cüceler" zaman zaman çarpışarak birleşecek ve

artan kütleleri sayesinde yıldızlaşacak. Ama bunlar da bir kaç trilyon yıl sonra ölecek ve Evren yeniden karanlığa gömülecek. Sonra sıra gökadalının ölümüne gelecek: ölü ya da canlı, yıldızlar gökada içinde dönerken zaman zaman birbirlerine yaklaşacak ve aralarındaki kütleçekimsel etkileşim, bunlardan birini gökadanın dışına fırlatacak. Gökadaların bu biçimde "buharlaşması" uzun bir süreç:  $10^{19}$  (10 milyar kere milyar) yıl süreceği hesaplanıyor. Ama artık zaman diye bir sorunumuz yok. Yeterli süre geçtiğinde her gökada, yıldızlarının büyük bir bölümünü uzaya saçacak ve Evren, giderek küçülen gökadalardan oluşan serisi dolaşan sönmüş yıldızlarla dolaçak. Gökadalarda arta kalan yıldızlar, bir tür ışınım olan kütleçekim dalgalarının etkisiyle giderek merkeze yaklaşacak ve sonunda orada bulunan dev kara delik tarafından yutulacak. Artık bundan sonrasını şanslı torunlarımız da göremeyecek.  $10^{24}$  yıl sonra Evren'in manzarası, "gökada kütleli" kara delikler arasında gezinen bir ta-

kım ölü yıldızdan oluşacak. Ancak daha son kareye gelmiş değiliz: İngiliz fizikçi Stephen Hawking tarafından keşfedilen ve kendi adıyla anılan bir ışınım yüzünden kara delikler enerji kaybederler. Einstein'ın gösterdiği enerji-kütle eşlenikliği nedeniyle bu kara deliklerin aslında kütle kaybetmeleri demek. Ancak bu kütle yitimi çabuk gerçekleşen bir şey değil. Çünkü kara delikler soğuk; bu nedenle de ışınimleri düşük. Güneş kütleli bir kara deliğin "buharlaşması" için gereken süre  $10^{65}$  yıl. Bir milyon Güneş kütleli bir kara deliğinse,  $10^{83}$  yılda yok olacağı hesaplanıyor. Oysa bizim kara deliklerin bazıları milyarlarca Güneş kütesinde. Hâlâ filmin sonuna gelmedik. Sırada maddenin yokoluşu da var. Bilinen maddenin yapıtaşlarından olan, protonun kararlı olup olmadığı kesin olarak bilinmiyor. Ancak çok uzun ömürlü olduğu kesin. Bazı fizikçiler, bir protonun bozunması için  $10^{37}$  yıl gerektiğini söylüyor. Bazılarına göre ise bu süre  $10^{100}$  yıl. Süre ne olursa olsun, eğer proton bozunuyorsa, bu

demektir ki eninde sonunda Evren'deki tüm ölü yıldızlardaki tüm protonlar da bozunacak ve bir dizi aşamadan sonra pozitron ve fotonlara dönüşecek. Bu da demek ki ölü yıldızlar sonunda pozitron ve elektronlara ayrışacak. Elektron, Evren'i oluşturan maddelerden biri, pozitronsa bir karşı madde olduğu için bunlar bir araya gelip birbirlerini yok etmek, ve iki fotona dönüşmek isteyecek. Ancak Evren artık öylesine geniş ki bunlar kolay kolay bir araya gelemeyecek. O halde perde de SON yazarken, donan son karede tek tük elektron, pozitron ve enerjisini yitirmiş foton belli belir-siz görünecek.

Peki filmin böyle biteceğini ne biliyoruz? Neden ters sarılmış bir film gibi başa dönmeyelim? Neden Evren giderek küçülmesin? Neden soğuya-çağına giderek ısınmasın? Neden yıldızlar ve gökadalara sıkışıp, birbirleriyle birleşmesin. Neden nötronlar, protonlar sıkışıp giderek daha küçük, daha egzotik temel parçalara dönüşmesin? Neden temel doğa kuvvetleri başlangıçtaki gibi bütünleşmesin. Neden o sonsuz sıcaklık ve yoğunlukta tekillişe dönmeyelim?

Ancak genişleme, tek başına somumuzun ne olacağını göstermiyor ki... Bir kere kütleçekiminin bu genişlemeyi yavaşlatması gerek. Kütle-nin aslında enerjiyle eşlenik olduğunu görmüştük. Geleneksel kozmoloji, Büyük patlamadan belirli bir süre geçtikten sonra Evren'in maddenin egemenliği altına girdiğini varsayar. Böyle olunca da Evren'in geometrisi-ne, buna bağlı olarak da içindeki maddenin yoğunluğuna bağlı olarak genişlemenin üç yoldan birini izleyeceğine söyler. Eğer madde yoğunluğu belirli bir kritik değeri aşarsa, Evren "kapalı" demektir. Yani genişleme bir noktada duracak ve daha sonra bü-zülme başlayacak ve sonunda Evren kendi üzerine çökerek yok olacak. Yoğunluğun kritik değerin altında olması halindeyse Evren "açık" demektir. Bu durumda genişleme sonsuza kadar sürecek. Yoğunluğun kritik de-ğere eşit olduğu durumaysa "düz Evren" deniyor: Genişleme gene sonsuza değin sürecek, ama giderek azalan bir hızla.

Aslında enerji yoğunluğunun kri-tik yoğunluğa eşit ya da çok yakının-



*Belirsizlik İlkesi uyarınca hiçlik bile kesin olmadığından Evren'in enerji yoğunluğunun büyük kısmının boşlukta oluşan ve saptanamayacak kadar kısa ömürlü sanal parçacıklardan oluştuğuna inanılıyor. Kozmolojik sabit bu enerjinin değişmez, beşinci kuvvet ise değişen biçimleri.*

da olması gerekiyor. Çünkü Evren'in başlangıcından bu yana en az 13 milyar yıl geçtiğine inanılıyor. Eğer yoğunluk kritik değerin altında ya da üstünde olsaydı, ya çok daha kısa sürede, bizlerin ortaya çıkmamıza olanak vermeden genişlemesi, ya da hemen geri çökmesi gerekirdi.

Evren'in kritik yoğunlukta olduğunu varsaysak bile sorunumuz tam anlamıyla çözülmüyor. Bir kere madde, bu yoğunluğu tek başına sağlayamaz. Çünkü Evren'in yarıçapında meydana gelen her bir misli artışın, enerji yoğunluğunu sekiz kat azaltması gerek. Üstelik son yıllarda yapılan gözlemler, baryon dediğimiz, tanıdık parçacıklardan oluşmuş maddenin, Evren'in çok küçük bir bölümünü oluşturduğunu ortaya koydu. O halde nasıl oluyor da, enerji yoğunluğu kritik düzeyde kalıyor?

Gözlemlerin doğruluğuyla ilgili kuşku giderildikten sonra gözler ister istemez Evren'deki karanlığa çevrildi. Evren'deki bu olağanüstü boşluğu dolduracağına inanılan "karanlık madde" arayışları başladı. Bu ışın yapmadığı için görülemeyen maddenin bir bölümünün, gezegen, sönmüş yıldızlar, kara delikler gibi bildiğimiz madde biçimleri olabileceği düşünüldü. Hele son derece zayıf etkileşimli nötrinoların, çok küçük de olsa bir kütleyle sahip olduklarının kanıtlanması, bilimcilerin çözümünü konusunda yeni umutlar yarattı. Bu arada, bildiğimiz madde türleri dışında, zayıf etkileşimli egzotik parçacıklardan oluş-

muş karanlık madde türleri için yürütülen aramalara da hız verildi.

Gene de bütün bunlar enerji açığını kapatmaya yetmedi. Üstelik Evren'in genişlemesiyle ilgili son bulgular, sorunu daha da çetrefilleştirdi.

Evren'in hangi hızla genişlediğini bilmek için standart ışık kaynakları gerekli. Hubble, 1920'li yılların sonunda yaptığı hesaplamalarda, gökadalara tümünün aynı parlaklıkta olduğunu varsaydı. Ona göre parlak gökadalara daha yakın, sönük olanlara daha uzak olmalıydı. Hesaplamadığı şey, gökadalara çok farklı büyüklüklerde olabileceği gibi, aynı gökadanın da zamanla olgunlaşacağı ve dolayısıyla parlaklığının değişebileceği gerçeğiydi. Bu nedenle gökbilimci, kendi adıyla Hubble Sabiti diye anılan genişleme oranını yanlış hesapladı. Hubble, gökadalara her megaparsekte (3,26 milyon ışık yılı) saniyede 500 kilometre artan bir hızla uzaklaştıklarını açıkladı. Bu oran, günümüzde hâlâ tartışmalı olsa da, Hubble Sabiti'nin değeri 55-70 km olarak kabul ediliyor.

Daha sonra, 1970'li yıllarda kozmologlar standart ışık kaynağı olarak muazzam ölçülerde ışık yaydıkları için çok uzaklardan gözlenebilen ve enerjilerini gökadalara merkezlerindeki büyük kütleli kara deliklerden alan kuasarları benimsediler. Ancak kısa sürede görüldü ki, kuasarlar kendi aralarında gökadalardan bile daha fazla farklılaşıyor.

Sonunda kozmologların imdadına Ia türü denen çok özel bir süpernova



*Kozmik genişleme kuramsal olarak üç yoldan biriyle gerçekleşebilir: Sabit olabilir (solda), genişleme yavaşlayabilir (ortada) ya da hızlanabilir (sağda). Her üç durumda da zaman aktıkça evrenin belirli bir bölgesi genişler. (Aşağıdan yukarıya). Evrenin yaşı, sabit genişlemeye kıyasla, hızlanan bir genişleme için daha fazla, yavaşlayan genişleme içinse daha azdır.*

biçimi yetiştirdi. Normalde süpernova- lar, çok büyük kütleli yıldızların yakıtlarını tüketerek merkezlerinin çökmesiyle meydana gelen patlamalar. Bu çöküşün yarattığı şok dalgası, yıldızın hidrojen ve merkezde pişerek daha ağır elementlere dönüşmüş dış katmanlarını büyük bir patlamayla uzaya saçar. Ia türü patlamalarsa, Güneş benzeri yıldızların başına gelen özel bir son. Bu yıldızlar, ömürlerini tamamladıklarında dış katmanlarını bir gezegenimsi bulutsu biçiminde yavaşça uzaya bırakırlar. Merkezleriye sıkışarak ısınır ve giderek soğuyup gözden kaybolacak, yaklaşık Dünya boyutlarında bir "beyaz cüce" haline gelir. Sıkıştığı için kütleçekim gücü olağanüstü artan bu beyaz cücelerden bazıları, zaman içinde yakınlarından geçmekte olan bir yıldızdan madde çalmaya başlar. Üzerine çektiği maddeyle irileşen beyaz cüce, 1,4 Güneş kütleline vardığı anda merkezindeki karbon ve oksijen yanmaya başlar ve çok hızlı bir zincirleme tepkimeyle yıldız patlar. Kütlelerini oluşturan tüm madde saniyede 10 000 km hızla uzaya saçılır. Bu patlamalar öylesine güçlüdür ki, bizden milyarlarca ışık yılı ötedeki gökadalarda bile kolaylıkla saptanabilirler. Ayrıca biliyoruz ki, hepsi aynı süreci izlediklerinden, parlaklıkları da aşağı yukarı aynı. Bu durumda gökbilimciler, parlaklık değişimlerini inceleyerek patlamaların olduğu gökadalardan uzaklığını, en çok yüzde 12 hata payıyla saptayabiliyorlar. Bu tip süpernova çok yaygın olarak gözlenen olgular değil. Tipik bir gökadada 300 yılda bir görülebiliyorlar. Ancak binlerce gökadayı izlediğinizde, yaklaşık her yarım saatte bir bu türden bir süpernovayla karşı-

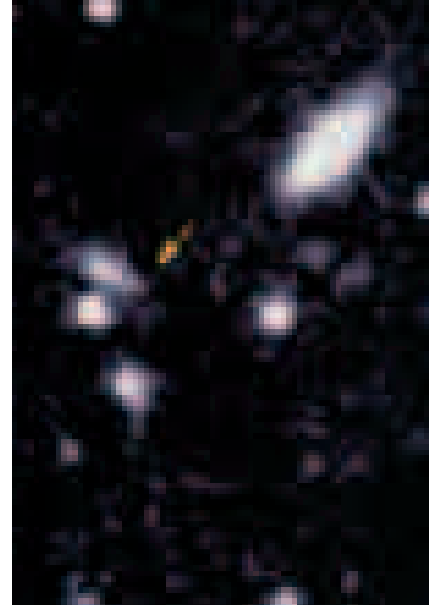
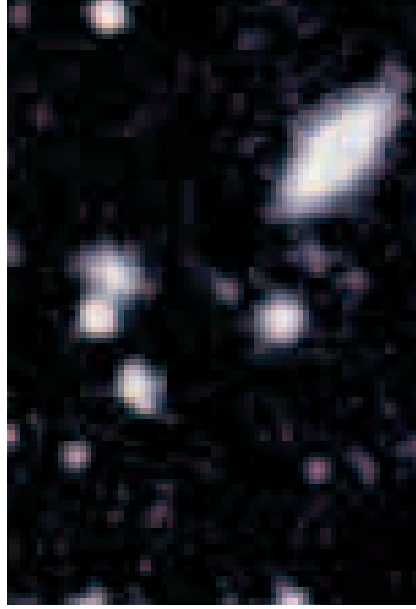
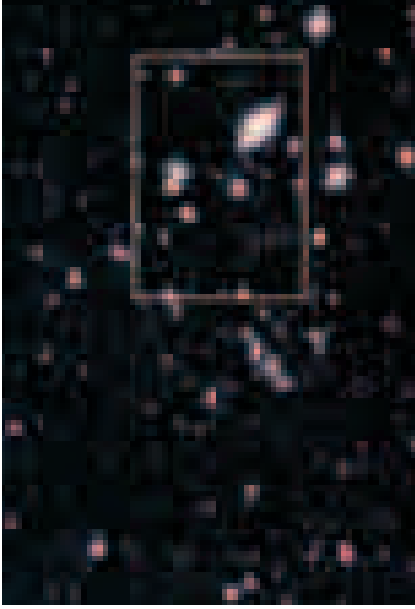
laşabiliyorsunuz. Evrendeyse o kadar fazla gökadada var ki (en az 150 milyar), her birkaç saniyede bir Ia türü bir süpernovanın ortaya çıkması gerek.

Ia türü süpernova, güvenilir bir standart ışık kaynağı olarak kendilerini kanıtladılar. Ancak fizikte her zaman olduğu gibi, ortaya attıkları sorular, yanıtlayabildiklerinden çok daha fazla:

Bundan 5 milyar yıl kadar önce çok uzaktaki bir gökadada çoktan ölmüş bir yıldız, birdenbire 1 milyar Güneş'ten daha parlak bir patlamayla yok oldu. Patlamanın ışığı, giderek sö-nükleşerek ve genişleyerek uzay-zaman içinde yol almaya başladı ve nihayet patlama sırasında henüz oluşmamış olan Dünya'ya ulaştı. 1997 yılında bir gece bu ışınımdan arta kalan birkaç yüz foton 10 dakika süreyle Şili'deki bir teleskopun aynasına çarptı ve bilgisayarlarca kaydedildi. Bu tür süpernovaları inceleyen kozmologlar ekibiyle benzer araştırmalar yapan rakip bir grup, bu ve benzeri patlamalar üzerinde yaptıkları çalışmalar sonunda şu sonuca vardılar. Bu patlamalar, olması gerekenden daha zayıftı. Önce ışığın aradaki toz bulutlarından etkilenip etkilenmediklerini baktılar. Toz, daha çok mavi ışığı perdelediği için tozdan geçen ışık olduğundan daha fazla kırmızı görünür. Gözlemcilerse böyle bir etki saptamadılar. Ayrıca değişik yönlereki patlamalardan gelen ışığın parlaklığında, toz bulutlarının etkisine bağlı olması gereken oynamalar da görülmedi. Araştırmacılara göre gözlemler iki biçimde yorumlanabilirdi: Bunlardan birincisi, Evren'in sanıldığı gibi düz değil, negatif bir eğrilği olması, yani geometrisinin eğer biçiminde (hiperbolik) olması. Çünkü bu biçimdeki

bir evrende, eski bir süpernovanın oluşturduğu geniş ışınım küresi, düz bir evrendekine oranla daha geniş bir alana sahip olur. Böyle olunca da ışının kaynağı, olması gerekenden daha zayıf gibi görünür.

Uzak süpernovaların şaşırtıcı zayıflığının bir nedeni de bunların, kırmızıya kayışlarının gösterdiğinden daha uzakta olmaları. Başka bir açıdan bakılınca, bu uzak süpernovaların tayflarındaki kırmızıya kayış, beklenenden daha düşük görünüyor. Bununla olağanüstü önemde sonuçları var: Demek ki, Evren, geçmişte sanıldığından daha düşük bir hızla genişlemiş. Demek ki genişleme hızı geçmişe oranla artıyor. Daha doğru bir ifadeyle, kütleçekiminin genişlemeyi yavaşlatma hızı düşüyor. Peki bunun anlamı ne? Anlamı şu: madde yoğunluğu geçmişte daha yüksekti. Bunu zaten görmüştük. Evren'in yarıçapı bir misli arttıkça içindeki madde yoğunluğu sekiz kat azalıyor. Oysa madde yoğunluğu demek enerji yoğunluğu demek. Enerji yoğunlunusa sabit olması gerekiyor. Evren'in ilk anlarındaki enerji yoğunluğu neyse, şimdi de aynı olmalı. O halde Evren'e bugünkü düz görünümünü veren bir enerji olmalı. Araştırmacılar şaşırmakta haklı değil mi? Şimdiye kadar kozmik ölçekte etki yapan tek kuvvet kütleçekimi değil miydi? Bu kütleçekiminin de gökadalardan birbirine yaklaşmasını, ve Evren'in genişlemesini frenlemesi gerekmiyor muydu? Oysa eğer genişleme hızlanıyorsa bir şeyin kütleçekimine ters yönde etki yapması gerekiyordu: cisimleri birbirine yaklaştıracak yerde uzaklaştıracak bir kuvvet; çekme yerine itecek bir kuvvet. Ama ortada görünen bir şey yok. Yalnızca boşluk var. Bu durumda bu işi yapabilecek, muazzam büyüklükteki gökadalardan birbirinden uzaklaştırması gereken kuvvet olarak boşluk kalıyor. Ama boşluk nasıl olur da bir yay gibi davranabilir? Evren, ancak bildiğimiz madde ve ışınımdan çok farklı bir şeyden oluşmuşsa bu olası hale gelebilir. Gelgelelim, işi çözümlenebilecek bu yöntem de gene yeni sorular çıkartıyor ortaya: Bu gizemli kuvvetle ilgili hesaplar, bunun gözlenenenden çok daha büyük olması gerektiğini gösteriyor. Ayrıca bu kuvvetin neden eskiden değil de şimdi or-



$z=0,66$  kırmızıya kaymadaki Ia türü süpernova okla gösteriliyor. Bu yıldızın patlaması Evren'in artann bir hızla genişlediği yolda kanıt oluşturdu.

taya çıktığı sorusu havada kalıyor.

Yeni gözlemlerle doğrulanan Ia türü süpernova verileri, araştırmacıları ister istemez ilk kez Einstein'ın "Evren'i statik kılmak için" ortaya attığı, ancak sonra "en büyük hatam" diye denklemlerinden çıkarttığı "kozmojik sabit" aracını yeniden kullanmaya götürdü. Aslında Einstein'ın kütleçekim kuramı, bu kuvvetin itici olabildiğini de açıklıyor. Genel Görelilik denklemlerine göre kütleçekimi iki unsur tarafından belirleniyor: Bunlar, bir cismin enerji yoğunluğuyla, basıncı. Basınç da aslında bir enerji biçimi. Örneğin bir kabın kenarlarına çarpan gaz parçalarının böyle bir enerjisi var. Bunu bilmesine rağmen Einstein, basıncı özellikle enerji yoğunluğuyla birlikte denklemlerine katmadı. Nedeni, Evren'in "kendi basıncı olan" özel bir maddesi olacağı yönündeki sezgisi olabilir.

Einstein'ın denklemlerine göre enerji yoğunluğu değerini, basınç değerine eklediğinizde eğer artı bir sonuç elde ediyorsanız, kütleçekimi çeken olur; ama eğer sonuç eksi bir değer veriyorsa, kütleçekimi itici hale gelir. Peki ama bu değerler nasıl olur da eksi değerde bir sonuç verir? Evren'de madde için olsun, ışık için olsun, bu denklem hep artı sonuç veriyor. Çünkü gerek maddenin, gerek ışınının enerji yoğunlukları pozitif, basınç değerleriyse, ciddiye alınmayacak kadar önemsiz. Ama önemli büyüklükte bir negatif iç basınca sahip bir madde ortaya çıkarsa iş değişir.

Aslında negatif basınç, ilk bakışta görüldüğü gibi garip bir kavram değil. Bu, gerilmiş bir lastikteki gibi içeriye doğru çeken kuvvet gibi bir şey. Yani uzay, büyük bir gerilime sahip garip

bir maddeden yapılmışsa, bir yay gibi davranabilir. Ama bu biraz garip değil mi? İçeride doğru çeken bir gerilime sahip madde, gökadalara nasıl birbirinden uzaklaştıracak? Işın sırrı, uzaydaki negatif basıncın çevresine hiç etki yapmaması. Çünkü kuvvetler, eninde sonunda basınç farklarının bir ürünüdürler. Oysa uzayda her bölge, hepsi de aynı basınca sahip bölgelerle çevrilidir. Ortada basınç farkı bulunmaz. Böyle olunca da, negatif basınç yalnızca bir biçimde etkili olabilir: Genel görelilik aracılığıyla itici kütleçekimi yaratarak. O halde uzayın neden genişler gibi göründüğünü anlamak için, muazzam bir negatif enerjiye sahip olduğunu kabullenmek zorundayız. Kozmologlar bu enerjiye sahip olduğunu varsaydıkları maddeyi "Lambda kuvveti" ya da kozmojik sabit diye adlandırıyorlar.

Bu itici boşluk düşüncesinin bir avantajı da, kozmologları uzun süre meşgul eden kritik yoğunluk sorununu çözmesi. Daha önce gördüğümüz gibi kuram ve gözlemler, Evren'in kritik yoğunlukta olmasını gerektiriyor. Ne var ki, madde, bu kritik yoğunluğu oluşturmanın çok ötesinde. Bilinenini, bilinmeyenini, açığını, karanlığını, normalini, egzotikini bir araya katarsanız, Evren'deki tüm madde, gerekli enerji yoğunluğunun %30'dan fazlasını vermiyor. Geleneksel kozmolojide kuraömcılar, bu %70 açığı görmezden gelme eğilimindediler. Oysa şimdi buna gerek yok, varlığını göremediğimiz ama etkisini duyduğumuz bu gizemli madde sayesinde sorun çözülmüş oluyor. Evren, eğer kütlelerinin %30'u bildiğimiz ya da bilmediğimiz türden madde, %70'i de sahip olduğu enerji nedeniyle kütle-

ye sahip itici boşluk tarafından oluşturuluyorsa kritik yoğunlukta kalabiliyor.

Bu çözüm, gökbilimcileri rahatlatmış görünüyorsa da, fizikçiler için yeni karabasanlar anlamına geliyor. Çünkü iş boşluğun enerji yoğunluğunu hesaplamaya gelince uzay boşluğu kuramı boşlukta asılı kalıyor. Kuantum mekaniği, doğadaki temel parçacıkları, Evren boyunca uzanan kuantum alanlarındaki uyarımlar olarak yorumlar. Bu kurama göre örneğin fotonlar, elektromanyetik alandaki yerel pürüzlerdir. Elektronlarla pozitronlarsa, elektron-pozitron alanındaki pürüzler vb... Tüm bu alanlar, bir gitarın telleri gibi, sonsuz biçimde titreşirler. Ancak yapamadıkları tek şey, gitar teli gibi sıfır uyarı düzeyine düşemezler. Kuantum mekaniğinin temel taşlarından olan Belirsizlik İlkesi gereği, hiçbir şey, hattâ hiçlik bile kesin olamayacağından, bu enerji düzeyleri hiçbir zaman sıfır olamaz. Demek oluyor ki kuantum kuramı, tüm titreşim biçimleri için sıfırın üzerinde bir alt sınır belirliyor. "Sıfır, virgül enerji" diye adlandırılan bu enerji düzeyi çok küçük olmakla birlikte tüm kuantum alanlarındaki sonsuz sayıda ki titreşim biçimlerine karşılık gelen küçük enerji düzeylerini üst üste koyduğunuzda elde ettiğiniz sonuç sonsuzluk oluyor. Bu alanların en alt enerji düzeyleri de boşluğa karşılık geldiğine göre, kuantum kuramına göre boşluğun sonsuz büyüklükte bir enerji yoğunluğu olması gerekiyor.

Açık ki, böyle bir şey doğru olmaz. Aksi halde tüm Evren'in çok çok önce bir kara delik halinde çökmesi gerekirdi. İşte fizikçiler, bu açmazlar karşısında çaresiz kalıyorlar.

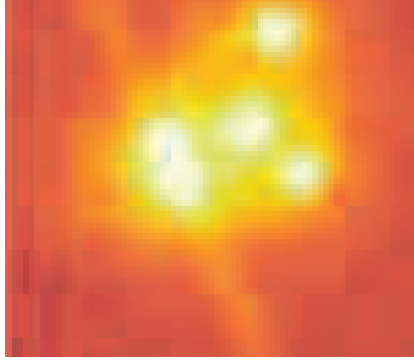
Princeton Üniversitesi'nden Paul Steinhardt "böylesi bir mahcubiyete katlanmak kolay değil" diyor. Boşluğun kuantum resminin fizikçileri bunaltan bir başka paradoksu da şu: Fizik kurallarına göre boşluk, ne yaparsanız yapın değişmez bir enerji yoğunluğuna sahiptir. İtici boşluk için de bunun böyle olması gerekiyor.

İster Lambda Kuvveti deyin, ister kozmolojik sabit, isterse yaylı boşluk ya da itici uzay, bu garip kuvvetin yarattığı kuramsal sıkıntılar bununla da bitmiyor. Sonsuz bir enerji yoğunluğu, fizik kurallarınca olası bir şey değil. Çünkü Planck enerji yoğunluğu denen ve kütleçekim kuvvetinin, kendisinden çok daha güçlü öteki doğa kuvvetleriyle eşit hale geldiği enerji düzeyinde bilinen fizik kuralları işlevlerini yitiriyorlar. O halde sonsuz olduğu söylenen boşluk enerjisinin bu Planck düzeyini aşamaması lazım. Yani böylece bu "sonsuz" enerjiye bir üst sınır getirmiş oluyoruz. Oysa bakıyoruz, Planck enerjisi düzeyi, ölçülen boşluk enerjisinden  $10^{123}$  kat fazla...Nobel ödülü sahibi fizikçi Steven Weinberg, "bu, bilim tarihinde yapılan en büyük katli çarpım hatası" diyor.

Bazı fizikçilerin kafalarını meşgul eden bir açmaz da şu: Günümüzde uzayın enerji yoğunluğu, neden maddenin enerji yoğunluğuna bu kadar yakın? Anımsayalım: Evrenimizde bugün maddenin, ancak kritik yoğunluk için gereken enerji düzeyinin yalnızca %30'unu meydana getirdiğini söylemiştik. Geri kalansa, boşluk enerjisinden oluşuyordu. Yani madde enerjisinin, boşluk enerjisine oranı, 1'e yakın sayılır. Gene gördük ki, Evren'in toplam enerji yoğunluğu hiç değişmez. Büyük patlamanın hemen sonrasında da aynıydı, şimdi de aynı. Oysa başlangıçta madde enerjisi, boşluk enerjisinden  $10^{100}$  kat fazla.

Peki biz neden tamda bu oranın  $10^{100}$  den 1'e düştüğü zaman ortaya çıktık? Steinhardt, bunu açıklayacak bir yol bulmuş. Bu, kozmolojik sabit gibi egzotik, ama ondan oldukça farklı yeni bir kuvvet icadını gerekli kılmış. Steinhardt ve arkadaşları, bunu "beşinci kuvvet" diye adlandırıyorlar. Araştırmacı "bu kavramı, Dünya'nın temel yapıtaşlarını toprak, ateş, su ve hava olarak betimleyen eski Yunanlılardan çaldık" diyor. "Filozofları, bir

*Kütleçekimsel mercekle, aynı kuasarin dört aynı görüntüsünü oluşturuyor. Bu tür merceklerin seyrekliği, eğer gerçekten varsa, kozmolojik sabitin o kadar da sabit olmadığını gösteriyor.*



de daha saf olan bir kuvvetin, bir beşinci kuvvetin bulunabileceğini de öne sürmekteydiler".

Kuramcılarına göre beşinci kuvvet, tıpkı kozmolojik sabit gibi bir boşluk enerjisi. Tıpkı onun gibi uzayda bir "skalar alan" olarak bulunuyor. Kuvvet alanları genel olarak uzayda her noktada yön ve büyüklüğe sahip alanlardır. Örneğin elektromanyetik alan. Skalar alansa, yalnızca büyüklüğü olanlara verilen ad. Fizikte böyle alanlar bulunabiliyor. Steinhardt, "Büyük Patlama ardındaki kozmik şişmeyi, çok daha enerjik olmakla birlikte buna benzer alanlar yönlendirdi" diyor.

Kendisine göre, arkadaşlarıyla araştırdığı düşük enerjili alan, doğadaki temel parçacıkları küçük sicim parçalarının farklı titreşimleri olarak yorumlayan süpersicim kuramında ortaya çıkabilir.

Peki bu beşinci kuvvet madde ve bilinmeyen enerjinin yoğunlukları arasındaki garip orantıyı nasıl açıklıyor. Steinhardt ve arkadaşlarına göre, işin sırrı, beşinci kuvvetin, kozmolojik sabit ya da öteki adıyla Lambda Kuvveti gibi daima sabit kalma gereğini duymaması. Yalnızca uzay ve zaman içinde değişim göstermekle kalmıyor, aynı zamanda negatif basıncıyla enerji yoğunluğu arasındaki ilişki de zaman içinde değişiklik gösterebiliyor. Oran sorununu da bu yolla çözümlüyor.

Kuramcılar, beşinci kuvvetin, boşluğun bir parçası olarak büyük bir üstünlüğe sahip olduğunu söylüyorlar. O da, madde ile etkileşebilmesi. Bu yolla maddenin enerji yoğunluğunu izleyerek kendisinin de o değeri alabil-

mesi. Steinhardt bu nedenle beşinci kuvveti bir "izleyici alan" diye adlandırıyor. Çünkü hangi enerji düzeyi ile yola çıkmış olursa olsun, sonunda maddenin enerji düzeyini benimsiyor.

Steinhardt ve arkadaşlarının duyduğu heyecana karşın, fizikçiler kozmolojik sabitle beşinci kuvveti tümüyle ayırmaya hevesli görünmüyorlar. Kendilerine göre ikisi arasında bir seçim zor. Kozmolojik Sabit, Evren'le birlikte büyüyor. Böylece bir an gelecek sıradan madde ve ışınımın yol açtığı kütleçekimine tümüyle üstün gelecek; Evren'i sonsuza kadar genişletecek ve sıradan maddenin yoğunluğunu neredeyse sıfıra indirecek. Beşinci kuvvetin taktiğiye başka: Maddenin enerji yoğunluğunu hedef aldığından her ikisinin yoğunluğu birbirine paralel olarak azalacak. Ama onunda götüreceği yer aynı: Sonsuza kadar genişlemiş, yoğunluğu sonsuza kadar azalmış bir Evren.

Bazı fizikçilerse, meslektaşlarının bazı gözlem sonuçlarından böylesine aşırı yorumlara varmasını endişeyle karşıyorlar. Fermi Ulusal Laboratuvarından Richard Kolb, "Bizim kozmoloji topluluğu ipin ucunu kaçırdı" diyor. "Tek bir gözlemden yola çıkarak acele sonuçlar çıkartmayalım; unutulmamalı ki Evren bize daha önce de oyunlar oynadı" diye ekliyor.

Uzak süpernova patlamalarının dışında, kozmolojik sabit ya da beşinci kuvvetin etkileri konusunda ipuçları verecek bir anahtar da, mikrodalga fon ışınımı. Princeton İleri Araştırmalar Enstitüsü'nden Max Tegmark'a göre, fon ışınımındaki küçük oynamalar, ölçümleri yapan COBE uydusunun yetersizliklerine karşın kozmolojik sabitin etkilerinin işaretlerini taşıyor. Şimdi kozmologlar, büyük düğümün çözümü için umutlarını NASA'nın gelecek yıl uzaya göndereceği Mikrodalga Anizotropi Sondası (MAP) ile, Almanların 2007 yılında fırlatacakları Planck uydusunun gözlemlerine bağlamış bulunuyorlar.

Raşit Gürdilek

- Kaynaklar  
Chown M., "The Fifth Element" New Scientist, 3 Nisan 1999  
Hogan, C. J., Kirshner R. P. ve Suntzeff N. B., "Surveying Space-time With Supernovae" Scientific American, Şubat 1999  
Keeton C., "Cosmic Apocalypse" <http://www.hes.harvard.edu/~hsr/doomsday/page39-42.html>  
Krauss, L. M., "Cosmological Antigravity" Scientific American, Şubat 1999  
Musser G., "A Hundred Billion Years of Solitude" Scientific American, Nisan 1999