

KOZMOLOJİNİN 5 PÜF NOKTASI

Kozmolojinin (evrenbilim) evrenin başlangıcı ve evriminin anlaşılabilirliği diye özetlenebilecek hedefi, en hafif deyişle “iddialı” bir hedef. Yüz yıldan daha kısa bir süre önce gökbilimciler gökadalardan büyük çoğunluğunun bizden uzaklaştığını keşfettiler ve evrenimizin genişlediğini gösterdiler. Yaklaşık 30-40 yıl sonra da göğün her yerini dolduran belli belirsiz bir radyo dalgaları tıslamasının, evren ortaya çıktıktan çok kısa sonra yayınlanan fotonlardan kaynaklandığını fark ettiler. Geçtiğimiz yıl, kozmik mikrodalga fon ışınımını incelemekle görevli bir uzay aracı olan WMAP, evrenin ortaya çıktıktan hemen sonra “şişme” denen bir “hiper genişleme” süreci yaşadığını gösteren inandırıcı kanıtlar ortaya koydu.

Kimileri, günümüz kozmolojisini “altın çağ” olarak betimliyorlar. Ama sergilediği tüm başarılarına kozmolojinin bazı en temel öngörülleri kolayca anlaşılabilir olmaktan uzak. Ünlü gökbilim dergisi “Astronomy”, bu kozmik karışıklığın beş temel kaynağını, kozmologların günümüz için çizdikleri resmin anlaşılmasını güçleştiren engellere bir cephe hücumu yapıyor.

1 Uzak gökadalardan tümü bizden uzaklaşıyor, bu evrenin merkezinde olduğumuz anlamına gelmiyor mu?

Kesin yanıt: hayır!

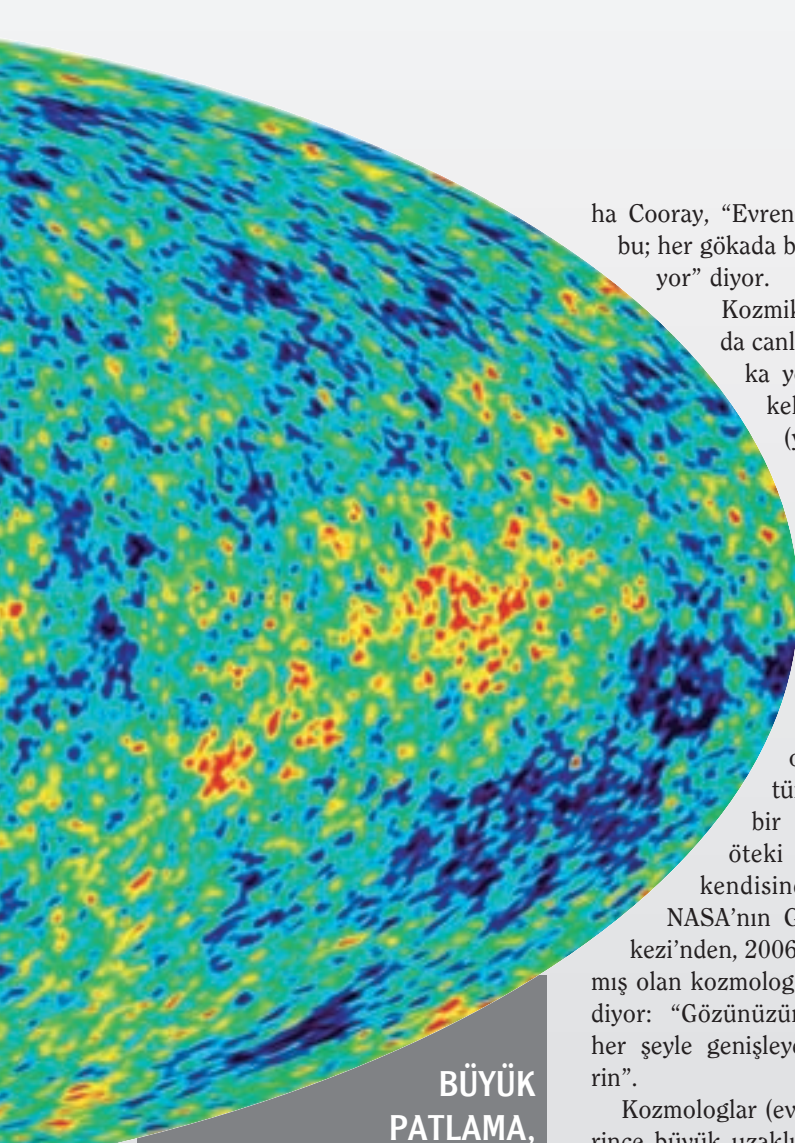
1920’li yıllarda California’daki Mount Wilson Gözlemevi’nden Edwin Hubble ve Milton Humason’un çalışmaları, en yakınımızdakiler dışındaki tüm gökadalardan bizden uzaklaştığını yadsınmaz biçimde ortaya koydu. İki gökbilimci ayrıca bu süreçte bir örüntü de gördüler: Gökada ne kadar uzaktaysa, uzaklaşma hızı o kadar artıyordu. Ancak bu, uzayın içinde cereyan eden bir hareket değil. Bu, uzayın kendisinin sistematik genişlemesinden başka bir şey değil ve bu genişleme, gökadalardan da sırtına alıp sürüklüyor.

1916 yılında Alman kuramsal fizikçi Albert Einstein, genel görelilik kuramını yayımladı. Kuram, Einstein’ın önceki görüşlerini, üzerlerine kütleçekiminin

evrenin biçimini ve zamanın akışını nasıl etkilediği açıklamasını ekleyerek daha da geliştiriyordu. Ertesi yıl Hollandalı gökbilimci Willem de Sitter Einstein’ın denklemlerini kullanarak, neredeyse bomboş olan uzayın da genişliyor olması gerektiğini gösterdi. Hubble da, uzaklaşan gökadalarda gördüğü örüntünün “de Sitter uzayından oluşan bir evrende” bekleyeceğimiz örüntüye tıpatıp uyduğunu farketti.

Genişleyen bir uzayda yol alan ışık, genişler. Tek tek fotonlar enerji kaybederler, bu nedenle tayf çizgileri daha uzun (daha kırmızı) dalga boylarına kaymış görünürler. Ama uzaydan gelen sinyaller de (örneğin, bir süpernova patlaması) genişler. Uzak gökadalardaki süpernovalar, yakındakilere göre daha uzun sürerler ve ne kadar uzakta olurlarsa süreleri de o kadar uzar. Bu da uzayın genişlediği ve uzayın dokusu içine gömülmüş olan gökadalardan da, bu dokunun hareketini izleyerek öteki nesnelere uzaklaştıkları anlamına gelir.

Gökbilimciler, genişleyen bir evren



ha Cooray, “Evren de olan da aynen bu; her gökada birbirinden uzaklaşıyor” diyor.

Kozmik genişlemeyi akıldan canlandırmanın bir başka yolu da bir üzümlü keki düşünmek. Kek (yani uzay) genişledikçe her üzüm tanesi (yani gökada) ötekilerin kendisinden uzaklaştığını görür. Burada üzüm taneleri değişmiyor. Değişen, üzümün üzerine yerleşmiş oldukları yapı. Ve tüm üzümün ortak bir görüşü var: Tüm öteki üzüm tanecikleri kendisinden uzaklaşıyor.

NASA'nın Goddard Uzay Merkezi'nden, 2006 nobel Ödülü'nü almış olan kozmolog John Mather şöyle diyor: “Gözünüzün önüne, içindeki her şeyle genişleyen bir evreni getirin”.

Kozmologlar (evrenbilimciler), yeterince büyük uzaklıklarda –ki, gökada kümelerinden daha büyük ölçeklerden söz ediyoruz–evren içindeki herhangi bir yerde bulunan bir gözlemciye aynı görünür. Bu fiziksel etkileşimlerde tercih edilen bir başvuru çerçevesi bulunmadığını söyleyen görelilik kuramının bir uzantısı oluyor. Biliminsanları bu kabule “kozmojik ilke” adını veriyorlar ve düzenli olarak sınıyorlar. Şimdiye kadar bu ilke evrenin durumunu başarıyla yansıtmış görünüyor.

2 Peki genişleyen bu evren, neyin içinde genişliyor?

Bu da genişleyen evren için az önceki balon benzetmesini fazla ileriye götürmekten kaynaklanan bir başka soru. Evren kendisi içinde vardır. İnanması ne kadar zor olsa da evren başka bir şeyin içinde olmadan genişleyebilir.

Einstein'ın görelilik kuramı, evrene yeni bir bakış getirdi. Kuram, kütleçekimini bir kuvvet olarak değil, uzay-zaman içindeki eğrilikler olarak betimliyordu. Görelilik kuramındaki uzayın bükülme eğilimi, kütleçekiminin ışığı da bükebileceğini öngörür. 1919 yılında bir güneş tutulması, biliminsanlarına bu öngörüyle ilgili olarak doğrudan bir kanıt sundu. Eğer büyük kütleli cisimler uzayı büküyorlarsa, uzak bir yıldızdan gelen bir ışığın, örneğin Güneş gibi büyük kütleli bir yıldızın yanından geçerken yolunun değişmesi gerekir. Gerçi bu etki fazla büyük değil, ama yine de tutulma sırasında Güneş'in yakınlarındaki yıldızların konumlarında değişiklikler gözlemleniler.

Bu, Einstein'ın kuramını doğrulayan çok sayıda kanıttan yalnızca biri. Görelilik, çağdaş kozmolojiye sağlam bir temel kazandırmış bulunuyor. De Sitter'in göstermiş olduğu gibi uzay, daha üst boyutlara sahip bir uzay içinde gömülü olması gerekmeksizin bükülebilen, büzüşüp genişleyen dinamik bir varlık.

BÜYÜK PATLAMA,

uzay, zaman ve kozmik mikrodalga fonundan gökadamızdaki yıldızlara kadar gözlemlediğimiz, daha doğrusu gözlemleyebildiğimiz her şeyi ortaya çıkaran olay için uygun bir isim değil. Biliminsanları, Büyük Patlama kuramı içinde, halkın kafasındaki dev bir kozmik patlama imajına temel oluşturacak hiçbir şey bulunmadığını söylüyorlar.

resmini daha iyi betimleyebilmek için sıklıkla bir balonun yardımına başvururlar. Balonun yüzeyine yapıştırılmış kağıt parçaları gökadalara temsil ederler ve balon evrenin genişlemesini temsil etmek üzere şişirildikçe, kağıt parçacıkları arasındaki uzaklık artar. Ne var ki, çoğu kimse benzetmeyi, makul sınırının ötesine taşır ve balonun merkezinde ne olduğunu sorar.

İşte size işin püf noktasını gösterecek iki-boyutlu bir deney: Pir kağıt üzerine çok sayıda nokta koyun. Ardından, bu kağıdın büyütülmüş görüntüsünü şeffaf bir kağıt üzerine basın. Genişletilmiş kopyayı orijinal kağıt üzerine koyun ve bir noktayı –herhangi bir noktayı– referans olarak seçin. Nokta nerede olursa olsun, her noktadaki “gözlemci” öteki noktaların kendisinden uzaklaştığını görecektir. California Üniversitesi'nden (Irvine) Asant-



Büyük Patlama'dan sonra geçen saniyeler

10⁴⁰ 10³⁵ 10³⁰ 10²⁵ 10²⁰ 10¹⁵

Büyük Birleşik Kuram dönemi

Elektrozayıf dönem

10⁴³ saniye
Planck dönemi sona eriyor

10³⁵ saniye
Şiddetli kuvvet özerkleşiyor ve
belki de kozmik şişmenin
tetikçisi oluyor

Büyük Patlama sonrası büyük olaylar

Biliminsanlarının bugünkü bilgilerine göre kozmosun tarihi, bir uzay, zaman ve akıl almaz yoğunluktaki enerji noktasının kendi kendini açmasıyla başladı. Sıcak evren ilk saniyesinin milyarda biri içinde genişleyip soğudukça, temel doğa kuvvetleri olan kütleçekimi, şiddetli ve zayıf çekirdek kuvvetleri ile elektromanyetizma ayrılarak özerk benlik kazandılar. Daha sonra atomaltı parçacıklar ortaya çıktı ve ilk üç dakika içinde protonlar birleşerek helyum ve daha başka birkaç çekirdek oluşturdular. Başlangıçtan yaklaşık 380.000 yıl sonra evrenin yeterince soğumasıyla serbest elektronlar, çekirdeklerle (bu arada hidrojen çekirdeği olan tek protonlarla) birleşerek ilk atomları oluşturdular. Elektronlarla sürekli çarpışarak oraya buraya saçılan fotonlar (ışık parçacıkları) böylece ilk kez ortaya çıkan boşluktan yararlanarak uzaya dağıldılar ve kozmik mikrodalga fon ışınımını oluşturdular.

3 Büyük Patlama ne tür bir patlamaydı?

Büyük Patlama, herhangi türden bir patlama değildi. Kozmik mikrodalga fon ışınımı üzerinde duyarlı ölçümler yaparak evrenin tarihi, evrimi, içeriği, ve geleceği konusunda çok değerli veriler derleyen WMAP uydu misyonunun yöneticisi Charles Bennett'e göre Büyük Patlama fiziğinin hiçbir yerinde "patlama" sözcüğü geçmez. WMAP, kozmik mikrodalga fonu ile ilgili en kesin resmi bizlere sunmuş bulunuyor. Bu fotonlar, evrenin doğuşundan 380.000 yıl sonra protonlarla elektronların ilk kez birbirlerini yakalayıp atomları oluşturmalarından bu yana uzayda yol alıyorlar.

Gökbilimciler, evrenin bugün güne göre biraz daha geniş, daha soğuk ve daha az yoğun olduğunu biliyorlar. Bu, kozmik genişlemenin doğası. Bu kabulden geriye doğru gidecek olursak da, evrenin geçmişte gökbilimcilerin bugün gözlediklerinden daha küçük, daha sıcak ve daha yoğun olması gerekiyor.

Görünür evren bugünkü boyutlarının yarısı kadarken, madde yoğunluğu 8 kat fazlaydı ve kozmik mikrodalga fon ışınımı (bugün 2,7 kelvin ya da

yaklaşık -270 °C, iki kat daha sıcaktı.

Görünür evren bugünkü boyutlarının 1/100'ü kadarken, mikrodalga fon ışınımı 100 kat daha sıcaktı. Görünür evren günümüzdeki boyutlarının 100 milyonda biri kadarkense sıcaklığı 273 milyon derecedeydi. Kozmik maddenin yoğunluğu, Dünya yüzeyindeki havanın bugünkü yoğunluğuna yakındı. Bu sıcaklıklar evrendeki gazı hızla gezinen protonlar ve elektronlar halinde iyonlaştırmıştı.

Bennett, "Büyük Patlama, aslında kuram için doğru bir isim sayılmaz" diyor. "Bu kuramın anlattığı, evrenin genişlemesi ve soğuması; herhangi bir patlamayı betimliyor değil".

Peki ama, Büyük Patlama uzayda meydana gelen bir patlama değil mi? Tabii ismi, bir kimyasal patlama gibi aklımızda standart bir patlama - hava-i fişğin gece gökyüzünde ışıklı bir küre gibi saçılmasını düşünün - imgesi oluşturuyor. Ve bu imge de bir kez aklımıza yerleştiğinde, Büyük Patlama'yı başka herhangi bir şeymiş gibi düşünmek zorlaşıyor. Ancak, evrenin başlangıcı bir patlama değildi. Başlangıç daha çok katlanmış bir kağıdın açılmasını andıran bir süreçle maddenin, enerjinin, zamanın ve uzayın kendisinin yaratılmasıydı.

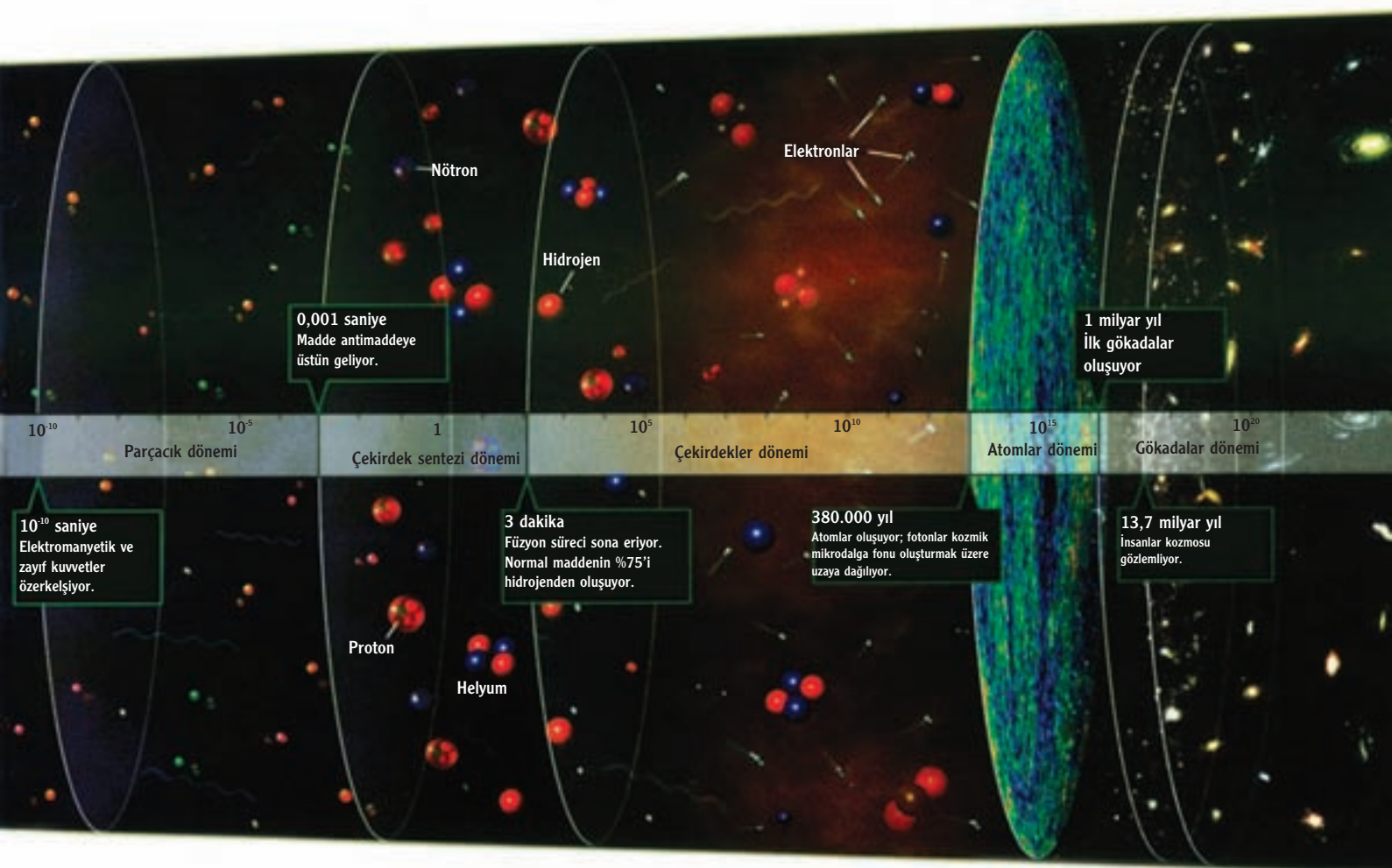
WMAP ekibinin bir üyesi olan Princeton Üniversitesi kuramcılarında David Spergel, "Daha iyi bir isim, 'Genişleyen Evren Kuramı' olurdu" diyor. "Çünkü gerçekten de bu evrenin nasıl genişlediğinin kuramı."

4 Büyük Patlama'dan önce ne vardı?

"Kimse bilmiyor!" Harvard Üniversitesi'nden Avi Loeb, açık sözlü. "Belki evrenimizden önce hiçbir şey yoktu; belki de evren art arda Büyük Patlama döngülerinden geçiyor. Ne var ki, bu ya da öteki hipotezi destekleyecek hiçbir veri yok."

Bu soruya yanıt aramak için biliminsanlarının elinde iki kuram var. Kuantum mekaniği denen biri, en küçük yapıtaşlarının dünyasını irdelerken, öteki, yani genel görelilik büyük ölçekte evreni tanımlıyor. Her ikisi de kendi alanlarında başarılı. Ama gelin görün ki, bunlar birbirleriyle uyumsuz. Loeb, "Ta en başa, Büyük Patlama'ya kadar varan bir açıklamaya ulaşabilmemiz için kuantum mekaniğiyle kütleçekimini özdeşleştiren bir kurama gerek sinimiz var" diyor.

Yüzyıllar süren araştırmalardan sonra fizikçiler bugün dört temel doğa



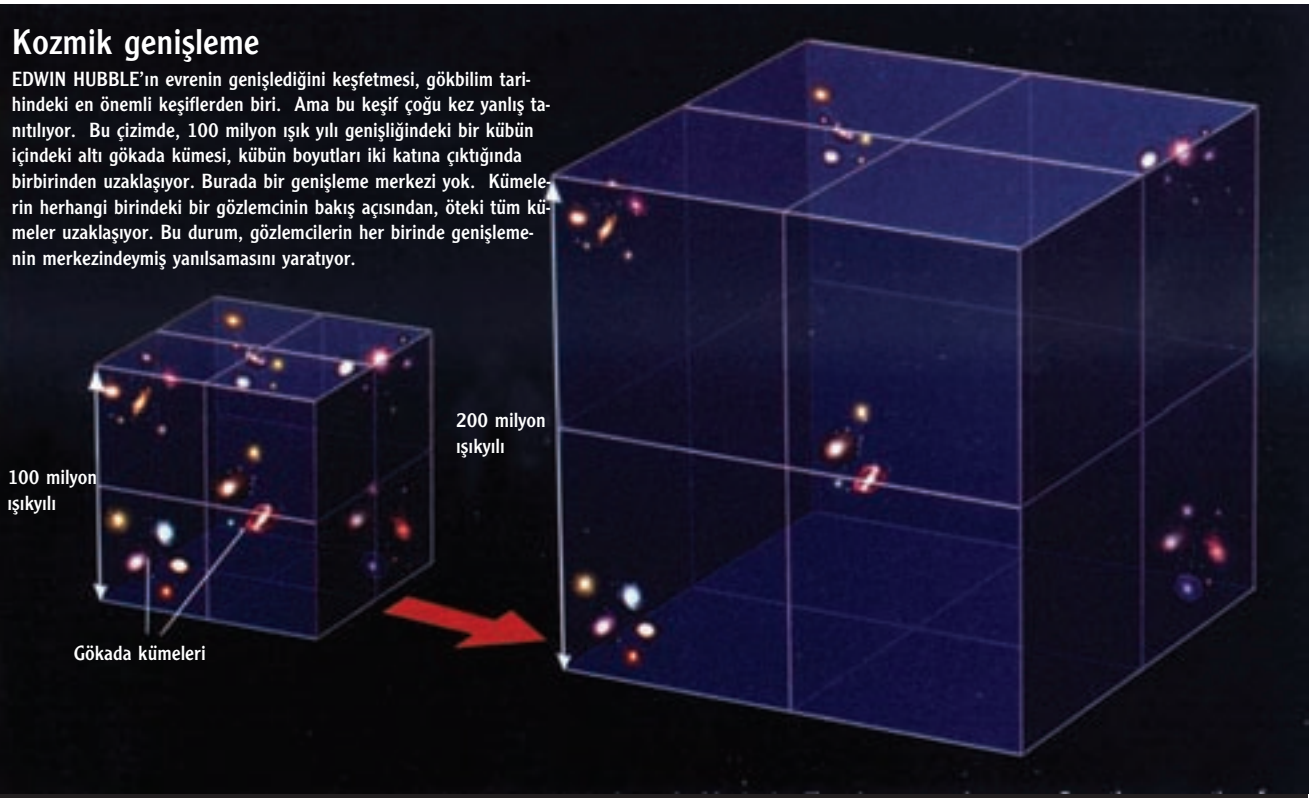
kuvvetinin varlığını biliyorlar. Bunlar kütleçekimi ve elektromanyetizma ile şiddetli ve zayıf çekirdek kuvvetleri. Elektromanyetizma atomu oluşturan çekirdek ile çevresinde dolanan elektronları birbirine bağlıyor. Şiddetli çekirdek kuvveti (ya da kısaca şiddetli kuvvet), atom çekirdeği içindeki pro-

ton ve nötron gibi bileşik parçaları oluşturan ve kuark denem temel yapıtaşlarını çekirdek içinde hapis tutuyor. Zayıf çekirdek kuvvetiyse (zayıf kuvvet), madde parçacıklarının bozunarak kimlik değiştirmesinden sorumlu. Kuramcılar, geçtiğimiz yüzyıl sonlarına doğru zayıf kuvvetle elektromanyetiz-

mayı özdeşleştirmeyi başardılar. Yani bunların aynı temel kuvvetin değişik enerjilerdeki farklı görüntüleri olduğunu gösterdiler. Evrenin ilk ortaya çıktığı andan saniyenin 10 milyarda biri kadar süre geçtiğinde yeterince soğudu ve bu "elektrozayıf" kuvvet bugün algıladığımız iki farklı kuvvete ayrıştı.

Kozmik genişleme

EDWIN HUBBLE'in evrenin genişlediğini keşfetmesi, gökbilim tarihindeki en önemli keşiflerden biri. Ama bu keşif çoğu kez yanlış tanıtılıyor. Bu çizimde, 100 milyon ışık yılı genişliğindeki bir kübün içindeki altı gökada kümesi, kübün boyutları iki katına çıktığında birbirinden uzaklaşıyor. Burada bir genişleme merkezi yok. Kümelerin herhangi birindeki bir gözlemcinin bakış açısından, öteki tüm kümeler uzaklaşıyor. Bu durum, gözlemcilerin her birinde genişlemenin merkezindeymiş yanılmasını yaratıyor.



Şiddetli kuvvetle “elektrozayıf” kuvveti de özdeşleştirmek çabaları henüz başarıyla taçlanmış olmasa da biliminsanları, kozmik tarihin daha da erken bir anında tüm temel kuvvetlerin, tek bir kuvvet halinde birleşmiş olduklarına inanıyorlar. Ancak, genel görelilik kuramının üzerine oturduğu kütleçekim kuvveti, problem olmayı sürdürüyor. (Öteki kuvvetlerle karşılaştırılmayacak kadar zayıf. Ama öteki kuvvetler ancak bir atom çekirdeğinin yarıçapı kadar bir menzile sahipken, kütle çekiminin erimi evrenin bir ucundan öteki ne uzanıyor).

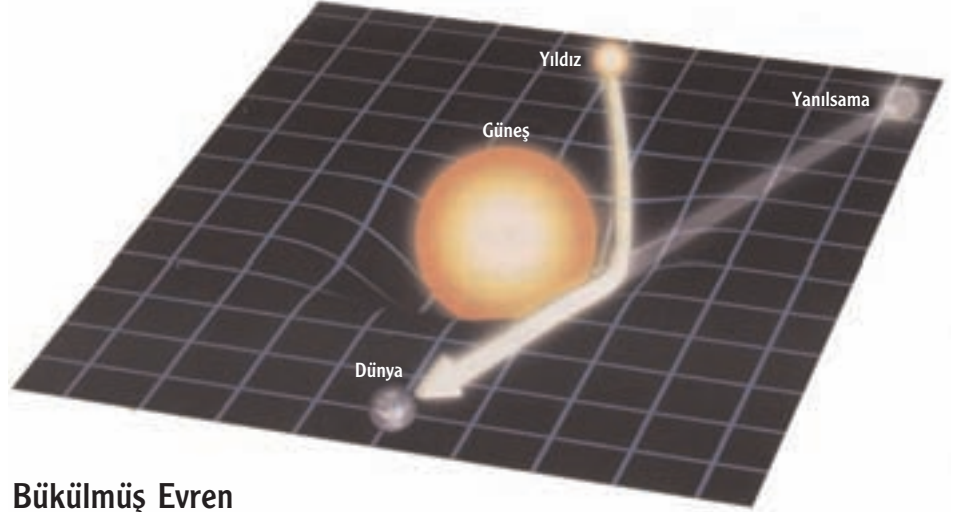
Kuantum mekaniği ve genel görelilik yerine bazı bilim adamlarınca önerilen süpersicim kuramı, bu iki uzlaşmaz kuramı bağdaştırma iddiasında. Bu kurama göre tüm temel parçacıklar, boşlukta titreşip duran ve “sicim” diye adlandırılan enerji halkaları. İster bir elektrona, ya da ağır üst kuarka karşılık gelsin, her sicim türü belli bir frekansta titreşiyor.

Süpersicim kuramının, süpersimetri denen sınanabilir bir sonucu var. Süpersimetri, bilinen her temel parçacığın görünemeyen ve (ağır olduğu için “süper” lakabı alan) bir süper eşi olduğunu öngörüyor. Cenevre’deki Avrupa Nükleer Araştırmalar Merkezi’nde (CERN) 2007 Kasım’ında faaliyete geçmesi beklenen Büyük Hadron Çarpıştırıcısı’nda (LHC) süpersimetrinin geçerliliğini kanıtlayacak ya da bu kuramı çöpe atacak enerji düzeylerine erişilmesi bekleniyor (Bkz: Yeni Fiziğe Doğru, Bilim ve Teknik, Sayı 473, Nisan 2007, ss: 22-31).

5 Evrenin dışında ne var?

Bildiğimiz kadarıyla evren sonsuz. WMAP verileri, evrenin ilk saniyesinin çok küçük kesirleri süresince hiperhızda (ışıktan bile hızlı) bir genişleme süreci yaşadığını doğruluyor. Biliminsanları bu süreci “şişme” diye adlandırıyorlar. Dolayısıyla evren, şimdi gözlediğimizden çok çok daha fazla büyük olabilir.

Evrenin kendisiyle (Büyük Patlama’yla ortaya çıkan her şey), “görünür evren” (algılayabildiğimiz her şey) arasında bir ayırım yapmak yararlı olur. Evrenbilimciler (kozmozologlar) kozmik mikrodalga fon ışınımı üzerinde yapı-



Bükülmüş Evren

GENEL GÖRELİLİĞİN en eski sınavlarından biri tam güneş tutulmaları sırasında kararar gökyüzünde beliren yıldızların gözlenmesini içeriyordu. Einstein’a göre yıldızdan gelen ve Güneş’i yalayıp geçen ışık, Güneş’in kütleçekiminin büküdüğü uzay zamanı izlerken orijinal rotasından sapıyor. Tutulmuş Güneş’in yakınlarında belirlenen yıldızların konumları, gerçek konumlarına göre biraz kaymış görünüyor.

lan gözlemlerden, evrenin yaşını ortaya çıkarmış bulunuyorlar: 13,7 milyar yıl. Ve ışık sonlu bir hızla yol aldığından, yeryüzündeki gözlemciler ancak bize ulaşabilmiş olan ışığı gözlemleyebiliyorlar. Biz de her yöne doğru 13,7 milyar yıl uzağı gözlemleyebildiğimize göre, “görünür evren” bunun iki katıdır, değil mi?

Değil! Şimdi kozmik mikrodalga fon ışınımı içinde gördüğümüz fotonlar, yaklaşık 13,7 milyar yıl önce yayımlandı. Ama bu arada evrendeki madde gökadalarda halinde yoğunlaştı ve evrenin genişlemesi sonucu bu gökadalarda şimdi 46,5 ışık yılı uzaklıkta. O halde görünür evrenin genişliğinin 93 milyar ışık yılı olması gerekiyor. Herkes bilir ki, Einstein’ın görelilik kuramı, ışık hızının evrendeki nesnelere için hız sınırı olduğunu söyler. Ancak bu hız sınırı, uzayın kendinin genişlemesi için geçerli değildir. Evrensel hız limitinin bir kaç ekstrem istisnası var ve evrenin kendi genişlemesi bunlardan biri.

Görünür evrenin bir kenarı var. Biliminsanları, boşlukta yol alan ışığın hızıyla belirlenen bu sınırı “ufuk” olarak adlandırıyorlar. Peki bu sınırın öte tarafında ne var? Baltimore’daki (ABD) Uzay Teleskopu Bilim Enstitüsü’nden Adam Riess, “zaman geçip evren genişlemesini sürdürdükçe, evrenin daha başka bölümleri de ufukumuz içine girecek” diyor. Riess’e göre kozmozologlar, bizim algı erimimiz dışında kalan evrenin de gördüğümüz-

den farklı olmadığına inanıyorlar.

Tarihi 1 yüzyılı bulmayan bir bilim dalı olan fiziksel kozmoloji, en büyük başarılarına son birkaç yıl içinde ulaştı. Bunlardan bazıları, kozmosun yaşını belirlemiş olmak ve evrenin yalnızca genişlemekle kalmayıp, bu genişlemenin giderek ivmelenildiğini keşfetmek. Yine de kozmozologlar günümüzdeki kozmoloji modelinin tamamlanmış olduğu savını ileri sürmekten kaçınıyorlar.

Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı’ndan (ABD) Saul Perlmutter, Büyük Patlama modelini “üzerinde çalışılan bir hipotez...şaşılacak derecede başarılı bir ilk müsvede” olarak betimliyor.

Bu aslında iyi bir şey. Çünkü böylelerine kısa bir araştırmayla en büyük sorulardan bazılarını yanıtlayabilmemiz, işin tadını biraz kaçırırdı. Yeni detektörler ve deneyler, ki bazıları LHC gibi yeryüzünde, bazıları da WMAP’ın halefi Planck uydusu gibi gökyüzünde nöbeti devralacak, biliminsanlarının evren hakkında bildiğimiz sandığımız şeyleri sınamalarına olanak verecek. Sicim kuramı - ve uzantısı süpersimetri - gerçek mi? Kozmik ivmelenmeye itkisini veren ne?

Eğer geçmişimize bir önsözmüş gözleyle bakacak olursak, hep birlikte beklenmeyeni beklememiz akıllıca olur.

Krusei, L., “Cosmology: 5 Things You Need to Know”, Astronomy, Mayıs 2007

Çeviri: Raşit Gürdilek