

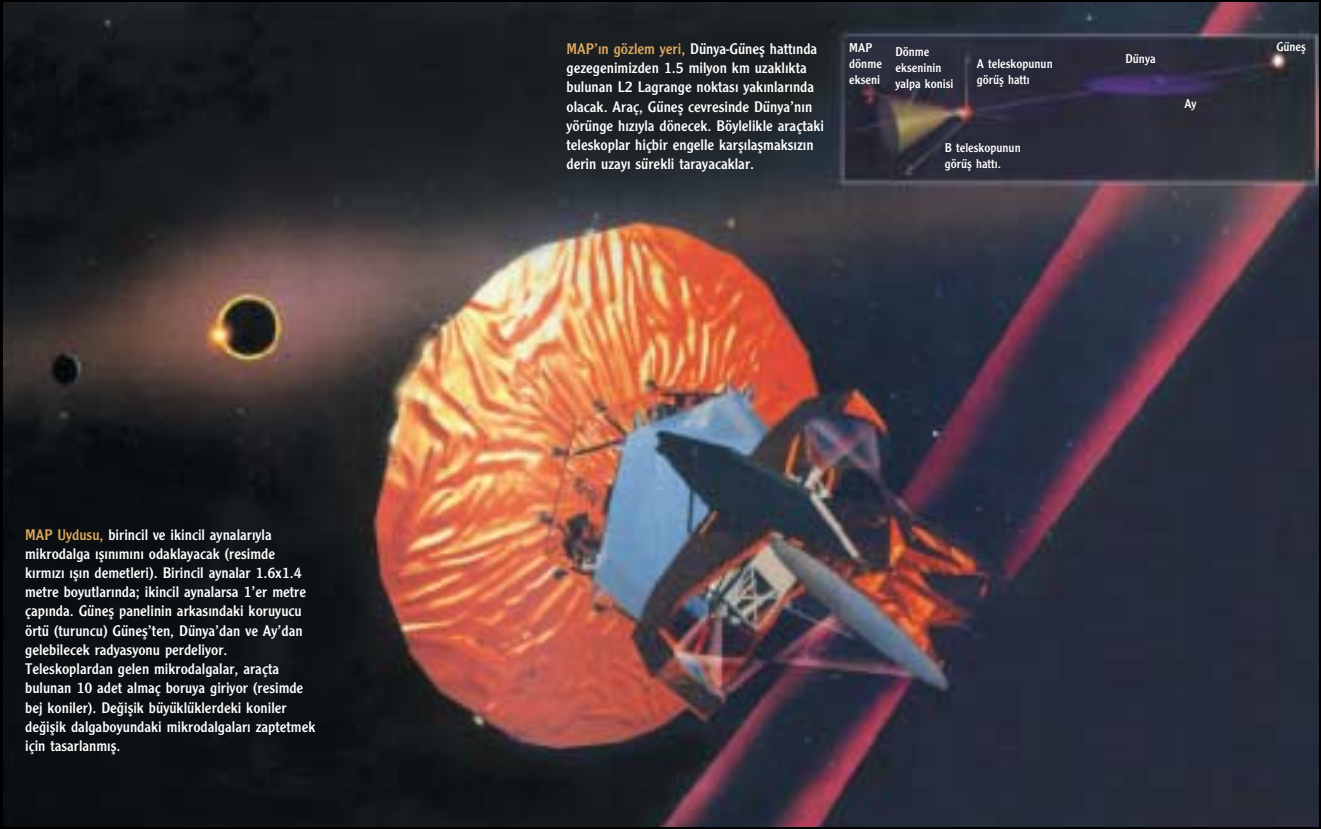
EVRENİN KADERİ

Kozmoloji, belki de yerleşik kuramların hiçbir yerde görülmediği sıklıkta yıkıldığı bir bilim dalı. Çağlar boyu, dünyamızda gezginlerin ayaklarının bastığı yerle sınırlı olan evren, düz bir tepsi olarak betimlenmiş. Zamanın tartışmaları, tepsinin genişliği ya da nerede, dev bir kaplumbağanın mı yoksa güçlü bir yarı tanrının sırtında mı durduğu üzerinde odaklanmış. Gözlemler için optik ve mekanik, sonuçlarının yorumlanması için de matematiksel araçlar geliştikçe kuramlar da ilerlemiş. Bir türlü rahat durmayan tepsinin yerini, değişik hızlarda Dünya'nın çevresinde dönen, iç içe geçmiş küreler almış. Daha sonra küreler durmuş, gezegenimiz ve kardeşleri hareketlenmiş. Sürekli gelişen, yenilenen teknoloji, evrenin sınırlarını da genişletmiş. Önce ufuk çizgisi, sonra okyanus, sonra yerküremiz, daha sonra bir takım küreleri çevreleyen ve üzerindeki deliklerden ışık sızdıran daha büyük bir küre olarak canlandırılan evrenin boyutları, 20. yüzyıla gelindiğinde bir gökadanın (Samanyolu) boyutlarına

kadar genişlemiş. Teknolojik ilerlemelerin baş döndürücü bir hız kazandığı 20. yüzyılda evren modellerinin değişimi de benzer bir hız kazanmış. Ahenkli, uyumlu bir evren düşüncesi terk edilmiş, çalkantılı bir kaos kuramlara egemen olmuş. Değişmeyen boyutlarda, hareketsiz bir evren düşüncesi de yerini giderek genişleyen bir evrene bırakmış. Önceleri bir başlangıç ve son gerekmeden, kendiliğinden ortaya çıkan parçacıkların katılımıyla sürekli olarak genişleyen bir evren düşüncesi modayken, sonra insan aklının canlandırmakta güçlük çektiği şiddette bir patlamayla, sonsuz yoğunlukta ve sıcaklıkta bir enerji zerreciğinden ortaya çıkan yaklaşık 12 milyar ışık yılı çapında bir küre düşüncesine gelinmiş.

Günümüzün gözlem araçları artık neredeyse evrenin sınırlarına varan uzaklıkları görebiliyor. Hem yerde, hem uzayda gelişkin teknolojiye ve yaratıcı tasarımda gözlem araçları, ufku-muzu sürekli genişletiyor. Üstelik artık evrende yalnızca görmeye alıştığımız cisimleri görmeye kalmıyoruz. Yerdeki, uzaydaki teleskoplar, gözleri-

mizin algılayabildiği optik ışıktaki seçilebilen gökcisimlerinin üzerine, x-ışınlarıyla, gama ışınlarıyla görülebilen cisimleri de ekliyor. Ortaya çıkan tablo çok daha zengin, hareketli ve karmaşık bir tablo. O derece de yanıltıcı. Ufkumuz genişledikçe evren yeni boyutlar kazanıyor. Gerçeği görebildiğimizle tanımlamaya alışmışız. Bu nedenle çoğumuz için evren deyince aklımıza gelen, bir büyük boşluk içinde görebildiğimiz, ışık saçan cisimlerin oluşturduğu bir yapı. İçinde parçacık çiftlerinin sürekli olarak ortaya çıkıp yok olduğu boşluğun da evrenin bir parçası, hatta daha önemli bir parçası olduğu, yeni farkına varılmaya başlanan ve kavranması çok da kolay olmayan bir gerçek. Sistemli gözlemler, kendi çevrelerinde dönerken en dış konumlardaki yıldızların uzaya fırlamaması için gökadalaların ışın yapmadığı için görünmeyen bir karanlık madde ile çevrili olduklarını ortaya koydu. Bu karanlık maddenin ölü yıldızlar, yıldız olabilecek kadar büyüyememiş gaz küreleri, irili ufaklı gezegenler ve karadelikler gibi tanıdığımız (baryonik) maddeden mi



MAP'ın gözlem yeri, Dünya-Güneş hattında gezegenimizden 1.5 milyon km uzaklıkta bulunan L2 Lagrange noktası yakınlarında olacak. Araç, Güneş çevresinde Dünya'nın yörünge hızıyla dönecek. Böylelikle araçtaki teleskoplar hiçbir engelle karşılaşmaksızın derin uzayı sürekli tarayacaklar.

MAP Uydusu, birincil ve ikincil aynalarıyla mikrodalga ışınımını odaklayacak (resimde kırmızı ışın demetleri). Birincil aynalar 1.6x1.4 metre boyutlarında; ikincil aynalar 1'er metre çapında. Güneş panelinin arkasındaki koruyucu örtü (turuncu) Güneş'ten, Dünya'dan ve Ay'dan gelebilecek radyasyonu perdeliyor. Teleskoplardan gelen mikrodalgalar, araçta bulunan 10 adet almaç boruya giriyor (resimde bej koniler). Değişik büyüklüklerdeki koniler değişik dalgaboyundaki mikrodalgaları zaptetmek için tasarlanmış.

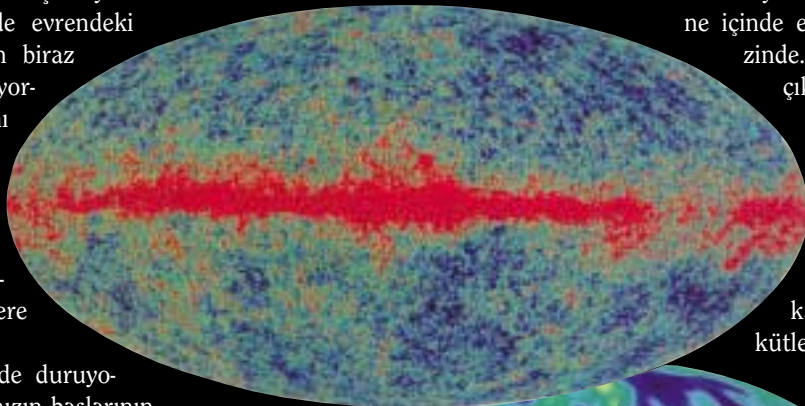
oluşturduğu, yoksa bilmediğimiz, tanıdığımız madde ile de çok zayıf biçimde etkilendiği için farkına varamadığımız gizemli parçacıklardan mı oluştuğu hala tartışmalı. Kesin olansa, tanıdığımız (baryonik) maddenin, evrendeki tüm maddenin yalnızca yüzde dördünü oluşturduğu, karanlık maddeninse bunun sekiz katı olduğu. (Bkz: TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 403, Haziran 2001, S.14). Bu saptama ortaya yeni bir sorun çıkartıyor. Işıklı ya da karanlık, toplam madde evrendeki enerjinin üçte birinden biraz daha fazlasını oluşturuyorsa, evrenin geri kalanı neden oluşuyor. Bunun enerji olduğu konusunda kuşku yok. Bu kez tartışmalı olansa, ne tür bir enerji olduğu ve ne gibi özelliklere sahip olduğu.

O halde şimdi nerede duruyoruz? Gördük ki atalarımızın başlarının üzerindeki ışıklı kubbenin gizlerini çözmeye, kaderini öğrenmeye çalışmalarından bu yana evren kavrayışımızda köklü değişiklikler meydana geldi. Kuramlarımız, deneylerin ve gözlemlerin sınavıyla evrim geçirdi. Bugün elbette geçmişe göre çok daha fazla bilgiye sa-

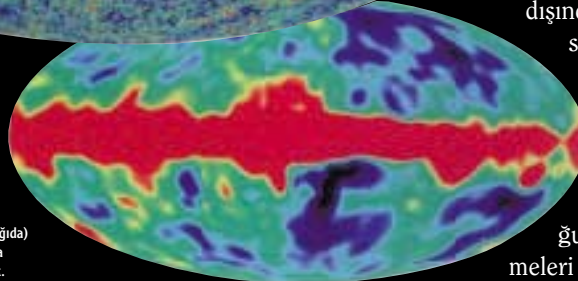
hibiz. Ama bilinçli ilk insanların sordukları temel sorulara hala yanıt verilemiş değiliz: Evren neden ve nasıl ortaya çıktı, neden yapı ve sonu nasıl olacak? Bunun nedeni erimleri ve güçleri giderek gelişen teknoloji harikası gözlem araçlarının, bazı sorulara yanıt getirirken, yanıtlanması gereken pek çok başka soruyu da ortaya çıkartmaları. Ancak öyle görünüyor ki, bugün en azından bazı önemli yanıtlara, her

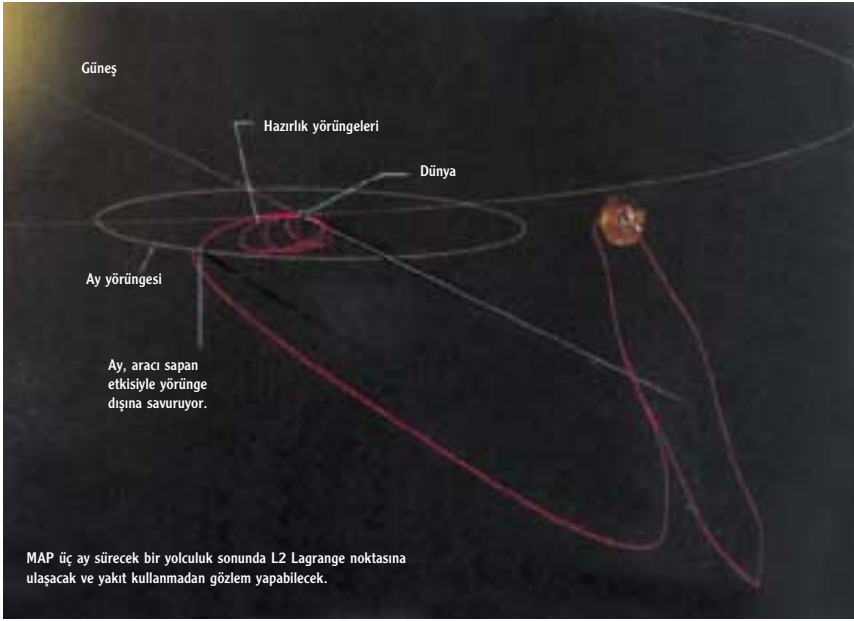
zaman olduğundan daha yakın duruyoruz. Son derece duyarlı algılayıcılarla donatılmış yeni araçlar, evrenin göğe yazdığı mesajı okuyup bize iletmek üzere uzayın derinliklerinde yol alırken, daha da gelişkin yenileri büyük laboratuvarlarda ya da tasarımcıların kafalarında biçimleniyor. Bilim dünyasında bir heyecan fırtınası esiyor. Genel beklenti, evrenin geçmişi, bugünü ve geleceği konusundaki tartışmalara son noktayı koyacak bilgilerin 5-10 sene içinde elimize ulaşacağı merkezinde. Bu araçlardan biri yola çıktı bile.

Geçtiğimiz 30 Haziran günü, ABD'nin Kennedy Uzay Üssü'nden havalanan bir roket, üçüncü kademesindeki değerli kargoyu gezegenimizin kütleçekiminin yakın erimi dışında, aracın bundan sonra kendi başına katedeceği yolun başındaki bir noktaya bıraktı. Fırlatılış, kozmologlar topluluğuyla bilimsel gelişmeleri izleyen sınırlı bir



MAP'ın oluşturması beklenen kozmik fon ışınımı haritası (yukarıda), COBE'nin oluşturduğu haritadan (aşağıda) 1000 kat daha ayrıntılı olacak.





aydın kitlesinin dışında ne ülkemizde ne de dünyada hak ettiği ilgiyi uyandırmadı. Aracın yolu uzun ve işi kolay değil. Ama görevini tamamlayıp derlediği bilgileri iletildiğinde, daha doğrusu bu bilgilerin yeryüzündeki araştırmacılarca değerlendirilmesi tamamlandığında, evren sırlarının büyükçe bir bölümünü, bunları öğrenmek için binyıllarca çaba gösteren akıllı varlıklara teslim etmiş olacak. Bilim adamlarına göre insanlık bu sırlara hiç bu kadar yakın olmamıştı. Ve şimdiye kadar hiçbir araç evrenin mesajını okuma sorumluluğunu tek başına üstlenmemişti.

Aracın adı, Mikrodalga Anisotropi Sondası (Microwave Anisotropy Probe - MAP). Görevi, mikrodalga fon ışınımındaki düzensizlikleri olabildiğince duyarlı bir biçimde belirlemek. Mikrodalga Fon Işınımı (Cosmic Microwave Background Radiation - CMBR) evrenin "gözünü açtığı" anın bir fotoğrafı. Bundan yaklaşık 15 milyar yıl öncesinde evrende varolan koşulları gösteren bir fosil ışınım. Büyük Patlama'dan 300 000 yıl sonra sıcak madde ve ışınım çorbası yeterince soğuyunca atom çekirdekleri o zamana kadar serbest dolaşan elektronları yakalayıp yörüngeye hapsettiler. Böylelikle ışık fotonları yollarına çıkıp saçılmalarına yol açan elektronlardan kurtuldukları için evren ilk kez ışığa geçirgen hale geldi ve giderek yıldız ve gökadalara dolaşarak bugünkü görünümünü aldı. İşte mikrodalga fon ışınımı, bu şeffaflaşma anının, daha doğrusu evrenin perdelelerini açmasından hemen öncesindeki

durumunun bir fotoğrafı. Evren Büyük Patlama'nın verdiği itmeyle genişlemesini sürdürdükçe, "kozmetik kırmızıya kayma" denen bir süreçle gama ışınımı zamanla elektromanyetik tayfın mikrodalga bölgesine kadar kayıyor ve uzayın her yanını dolduran ve 2.7 kelvin (Yaklaşık - 270°C) sıcaklığa karşılık gelen zayıf bir ışınım olarak kendini belli ediyor. Bu ışınımın farkına ilk olarak, 1963 yılında yeni bir radyoteleskopu denerken sürekli ortaya çıkan bir parazitini ne olabileceğini araştıran Arno Penzias ve Robert Wilson adlı iki fizikçi vardı. Bu ışınım, Büyük Patlama'nın geçerliliği konusundaki tartışmalara son noktayı koymakla birlikte, verdiği asıl mesajın anlaşılabilmesi için çeyrek yüzyıl daha geçmesi gerekti.

1989 yılında COBE uydusunun, evrenin her yanını dolduran ve son derece düzgün görünen bu ışınım içinde, son derece küçük ısı farklılıkları belirlenmesiyle bilim dünyasında yer yerinden oynadı. Böylelikle Büyük Patlama'nın geçerliliği kanıtlanmış oluyordu. Çünkü her tarafı aynı yoğunlukta olan bir evrende bugün gördüğümüz yıldızlar, gökadalara ve gökada kümeleri olamayacağına göre, bunların varlığı, evrenin ilk anlarındaki bu çok küçük yoğunluk farklarıyla açıklanabiliyordu. Başlangıçta kütleçekiminin etkisiyle çok küçük topaklanmalar halinde kendini gösteren bu eşitsizlik, evren genişledikçe gördüğümüz büyük ölçeklere taşınmıştı.

COBE önemli bir soruyu yanıtlamış oluyordu, ama önemli bazı başka soru-

lar da askıda kalmıştı. Çünkü Büyük Patlama tek başına evrenin bugünkü görünümünü açıklamakta yetersiz kalıyordu. Başlıca sorun şuydu: Fon ışınımı içinde COBE'nin bulduğu ,derece nin yüz binde biri ölçüğündeki farklılıklara karşın evren her yanında büyük ölçüde homojen. Yani içeriği harmanlanmış gibi aşağı yukarı aynı bileşim ve yapıda. Bunu açıklamaksa Büyük Patlama'yla mümkün değil. Büyük Patlama'nın ne zaman meydana geldiği konusunda tam bir düşünce birliği de yok. Ama evrenin yaşının 15 milyar yıl olduğunu düşünen kozmologlar çoğunlukta. Bu durumda, kütleçekimin genişlemeyi bir ölçüde frenlediğini de varsayarak, evrenin bir uçtan ötekine en az 24 milyar ışık yılı olması gerek (bir ışık yılı, boşluktaki hızı saniyede 300 000 km olan ışığın bir yılda aldığı yol, yaklaşık 10 trilyon km). O halde maddenin, ısının ya da ışığın evrenin birer ucunda bulunan gökadalara ulaşip onları "harmanlamak" yani benzer yapı ve yoğunluğa kavuşturmaya yetecek vakti olmamış demektir. Büyük Patlama modeli, evrenin ilk anlarında ortaya çıkan ve daha sonra gökada kümeleri gibi yapılara kadar büyüyecek olan yoğunluk dalgalamalarını açıklamakta da zorlanıyordu. Bir başka sorun, evrenin kritik genişleme hızını, bir başka deyişle kütleçekiminin etkisini ancak geçebilecek bir genişleme hızını nasıl tutturduğuydu. Çünkü bu duyarlı dengenin daha altında bir genişleme hızı, evrenin hemen tekrar kendi üzerine çökmesine yol açacak, daha hızlı bir genişleme de evrenin bugün tümüyle maddeden yoksun görünmesine yol açacaktı.

Aslında son derece başarılı bir kuram olan Büyük Patlama'nın bu eksiklikleri, 1980'li yılların başlarında Alan Guth, Katsuhiko Sato, Andrei Linde, Andreas Albrecht ve Paul Steinhardt'ın ortaya attıkları "şişme" kuramıyla bir ölçüde giderildi. Bu kuram, evrenin Büyük Patlama'dan çok kısa bir süre, 10^{-38} saniye geçmişken, gene saniyenin çok kısa kesirleri süresince muazzam bir genişleme geçirdiğini kabul eder. Şişme, bu çok kısa süre içinde giderek hızlanarak ışık hızını da geçen bir genişleme. Şişme, evrenin düz (flat) görünümünü de başarıyla açıklayan bir kuram. Evrenin başlangıçtaki biçimi ne olursa olsun, şişme evrene



Kütleçekim dalgaları her cisim üzerinde olduğu gibi gezegenlerde de sündürme ve büzme şeklinde etkiler yapıyor. Çalışmada gösterilen etkiler bir hayli abartılmış.

çok büyük bir genişlik sağlıyor ve büyük kısmını gözlem alanının dışına taşıyor. Görebildiğimiz küçük bölümü de bize son derece düz görünüyor. Tıpkı kısa uzaklıklarda Dünya'nın da tepsiyi andırır bir düzlükte görülebilmesi gibi. Burada vurgulanması gereken bir nokta, sınırları şişme süreciyle çok ötelere taşınmış olan "gerçek evren" ile, şişmenin durmasından sonra, yeniden baskınlık kazanan, ama ancak ışık hızında (aslında kütleçekim etkisiyle biraz daha yavaş) genişleyen bir "görünür evren" in var olduğu. Görünür evren denmesinin nedeni, ışığın henüz varabilmiş olduğu noktalara sınırlı olması.

Şişme kuramına göre başlangıçta varolan çok küçük enerji topaklanmaları, ya da "gökada çekirdekleri" ani şişme süreci içinde ışığı geride bırakarak birbirlerinden hızla uzaklaştıkları için teması yitirmiş oluyorlar. Ama bundan önce birbirleriyle temas haline oldukları için harmanlama işlemi gerçekleşmiş durumda. Şişme durduktan sonra geride kalmış olan ışık yavaş yavaş gökadalara yakalayıp geçmeye başlıyor. Dolayısıyla uzak gökadalardaki temas yeniden kuruluyor. "Görünür evren" genişlemesini sürdürdükçe bundan milyarlarca yıl sonra, şişmeyle birbirinden ayrılıp "gerçek evren" in sınırlarına dağılmış olan gökadalarda da birbirleriyle yeniden temasa geçecekler; yani birbirlerini görmeye başlayacaklar.

Evrenin kaderiyle ilgili hayati bir parametre, kozmologlarca Ω (omega) diye adlandırılan parametre. Bu, kütleçekim enerjisinin kinetik enerjiye, yani evren genişledikçe maddenin hareketinde saklanan enerjiye olan oranı. Bu da evrendeki madde yoğunluğuyla yakından ilgili. Madde ne kadar yoğunsa bu kütleçekimin o ölçüde yüksek değerde olmasını sağladığından, daha

yüksek değerlerde bir Ω anlamına geliyor. Bu değer 1'de sabitlenir. Aksi takdirde, potansiyel ya da kinetik enerjiden birinin üstün gelmesi durumuna bağlı olarak hızla azalır, ya da çoğalır. Oysa bakıyoruz başlangıçtan 15 milyar yıl sonra bile Ω 'nın değeri 0 ya da sonsuz değil. O halde başlangıçta 1 ya da buna çok yakın olmalıydı. Yani evrenin genişlemesi kritik hızda gerçekleşmiş

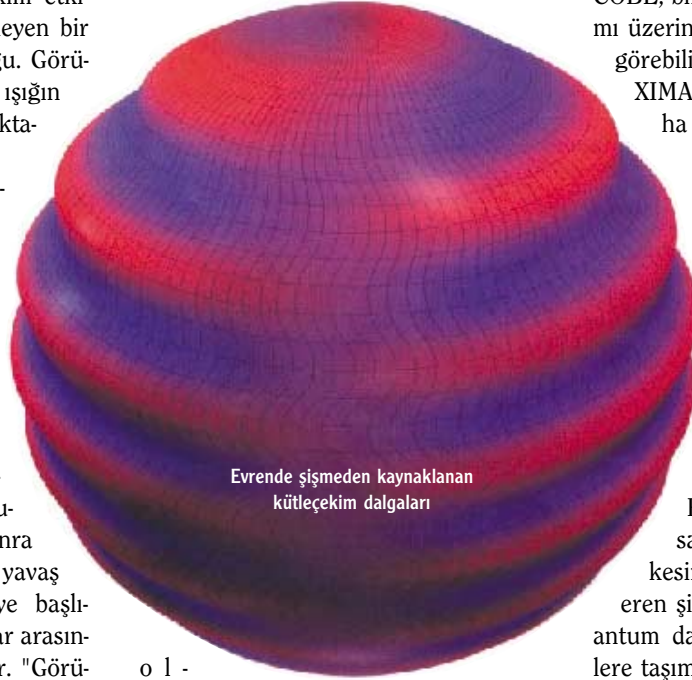
O halde bu çelişki nasıl giderilecek. Şişme kuramı geçersiz mi?

Değil! Bu olasılığı araştıran kozmolog ve gökbilimciler, geçtiğimiz yıllarda Antarktika ve ABD üzerinde kuru, bulutsuz bölgelerde balonlarla atmosferin üst tabakalarına çıkardıkları teleskoplarla evrenin mesajındaki küçük yazıları da okumaya çalıştılar. Gerçi COBE uydusunun ışınım üzerinde okuduğu sıcaklık farkları kesindi, ama COBE, bir anlamda miyoptu. Fon ışınımı üzerinde ancak çok büyük yapıları görebiliyordu. BOOMERANG ve MAXIMA balon teleskoplarıyla, ve da-

ha sonra gene Antarktika'daki DASI deneyiyle çok daha duyarlı ölçümler yapıldı. Fon ışınımı içinde bir derecenin bir milyonda biri mertebesinde yoğunluk farkları belirlendi. Bu yoğunluk farkları, şişmenin doğrudan bir kanıtı. Kendini basıncı (yani ses dalgaları biçiminde ortaya koyan) bu yoğunluk farkları, Büyük Patlama'nın hemen ardından saniyenin son derece küçük kesirleri içinde gerçekleşip sone-

eren şişme sürecinin ortamdaki kuantum dalgalanmalarını büyük ölçeklere taşınmasıyla oluşmuş. Ancak şişme kuramının kesin olarak kanıtlanabilmesi için, ses dalgalarının tepe noktalarının harmonik bir biçimde dizilmesi ve önce büyük, sonra küçük ve daha sonra ikinciden az daha büyük tepe noktalarının sıralanması gerekiyor.

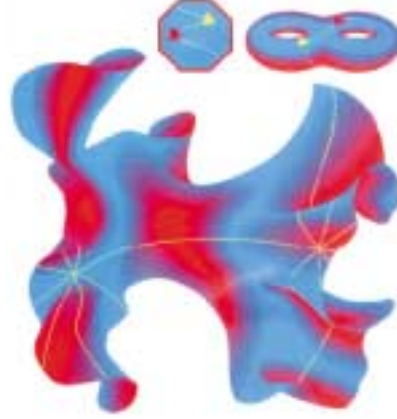
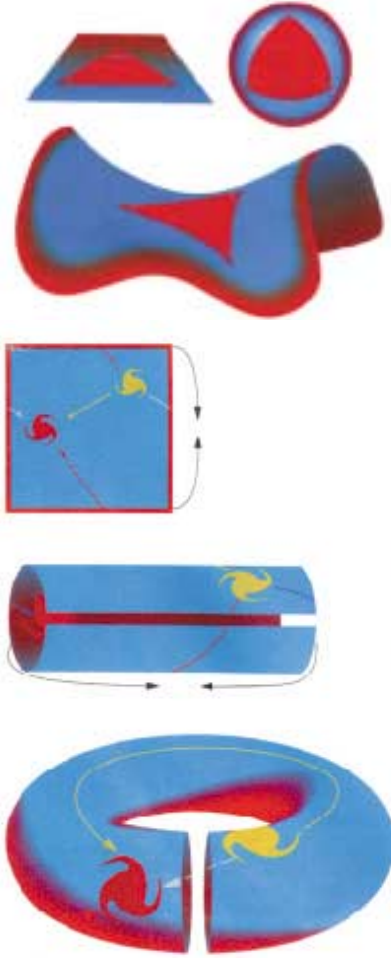
Bu tepe noktaları nasıl ortaya çıkıyor? Büyük Patlama'nın hemen ardından, daha şişme başlamadan önce evreni dolduran parçacık ve radyasyon çorbası içinde kuantum dalgalanmalar, sanal parçacık çiftleri yaratıyor. Bu parçacık ve anti-parçacıklardan oluşan bu çiftler ancak çok kısa bir süre var olduktan sonra birbirlerini yok ediyorlar. Ancak şişme ile birlikte evrenin muazzam bir hızla genişlemesi, bu çiftlerdeki parçacıkların birbirlerini yok



Evrende şişmeden kaynaklanan kütleçekim dalgaları

o l - m a l ı y d ı .

Kuram ve evrenin düz geometrisi 20 yıl kadar büyük bir uyum içinde gitti. Ancak son birkaç yıl içinde uzak bazı süpernovalar üzerinde yürütülen çok dikkatli gözlemler, evrenin giderek hızlanan bir biçimde genişlediğini gösteriyor. Bu da kütleçekiminin genişlemeyi frenleyebilecek bir değer çok altında kaldığının işareti. Bu durumda, maddenin yoğunluğu sanılanın epey altında. Aslında yeni hesaplar, nötrinoların sanılanın tersine kütle sahibi olmalarının anlaşılmasına karşın, Ω değerinin yaklaşık 0.3 olması gerektiğini ortaya koyuyor. Bu ise evrenin düz değil, bükülmüş, hatta açık olması anlamını taşıyor.



Olası evren geometrileri (solda). İvmelenmiş genişleme, her noktası eyer biçimli karmaşık bir matematik manifoldunu gerektiriyor. Hiperbolik uzay, karşı kenarları birbirleriyle ilintili bir sekizgen tarafından oluşturulur. Topolojik olarak açık uzay çift delikli bir çöreğe benzer. Sonlu evren modelleri, küre yerine üç boyutlu bir torus biçimi alabilir. Kırmızı gökadamdaki insanlar için uzay sonsuz görünür. Çünkü, görüş hatları hiçbir zaman kesilmez.

likte belirleyebilmek güç. Bir sorun da, yerden gözlem yapan araçlar için söz konusu. Bunlar yalnızca atmosfer örtüsünün altından bakmak zorunda kalmıyorlar. Aynı zamanda gözlemlerini, ölçmeye çalıştıkları 0.0001-kelvin mertebesindeki ısı farklarından yüzlerce kez daha sıcak bir gezegen üzerinde yapmak zorundalar.

İşte MAP uzay aracının misyonu, bu sınırlamaların üzerine çıkıp deney sonuçları ve doğrulanan kuram üzerindeki kuşkuları ortadan kaldırmak.

Yaklaşık 95 milyon dolar değerinde ve 800 kg ağırlığındaki aracın bir avantajı da dünyanın gürültüsünden patirtisinden uzak bir köşede gözlemlerini gerçekleştirme olanağı. Bunun için araç, ay çevresinde bir iki elips çizdikten sonra aldığı kütleçekim ivmesiyle Güneş'in ters tarafında Dünya'ya 1.5 milyon km uzaklıkta bulunan ve 2. Lagrange noktası (L2) diye tanımlanan

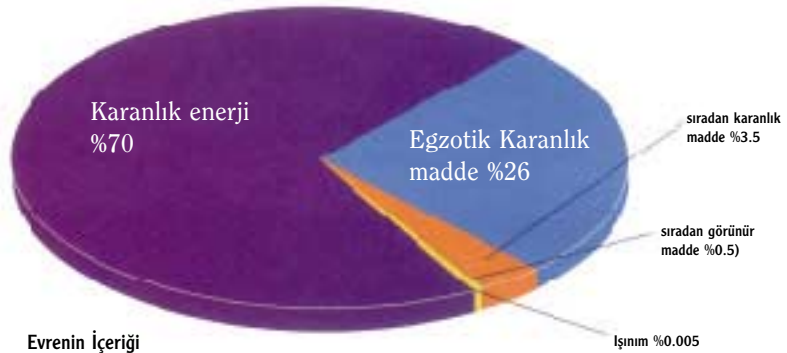
bir noktaya gidecek. Burada Güneş ile Dünya'nın çekim güçlerinin toplamı, Dünya ile birlikte Güneş çevresinde dolanmak için gereken kuvvete eşit. Bu nedenle araç, 2 yıllık görevi sırasında yakıtla hemen hemen hiç gereksinim duymadan L2noktası çevresinde dolanıp gözlem yapacak. Bir Güneş kalkanı aracı Güneş, Dünya ve Ay'dan koruyacak. Aracın Güneş'le olan açısı sabit kalacağından ısınması da söz konusu olmayacak.

MAP'ın gözlemlerinin çok önemli bir özelliği de, kendisinden önceki gözlemler gibi göğün küçük bölgelerini değil, L2 çevresinde 6 ay sürecek her turu boyunca tüm gökyüzünü tarayacak olması. Araç, Samanyolu'ndan gelen ve manyetik alanlar, gaz ve toz bulutları içinde dönen elektronlardan kaynaklanan "yerel mikrodalga ışınımı" nı süzecek aygıtlarla da donatılmış durumda.

Sonuçta, mikrodalga fon ışınımında bir derecenin 20 milyonda biri hassaslıkta ölçümler yapabilecek olan MAP, evrenin geçmişi ve geleceği konusundaki öngörülerini sağlamlaştıracak ya da çürütecek. Ama şişme kuramının nihai sınavı, 2007 yılında Avrupa Uzay Ajansı'nca hazırlanmakta olan Planck uydusunun fırlatılmasıyla gerçekleşecek. Çünkü Planck'ta kozmik fon ışınımının kutuplanmasını ölçecek aygıtlar bulunacak. Planck'ın arayacağı sinyal, fon ışınımındaki fotonların bazılarında görülebilecek özel bir sarmal kutuplanma biçimi olacak. Bu, şişme kuramının öngördüğü kütleçekim dalgalarının bir imzası demek. Kütleçekim dalgaları da şişmenin kuantum dalgalanmalarını büyük ölçeğe taşımalarının bir ürünü. Tıpkı öteki sanal parçacık çiftlerine yaptığı gibi şişmenin muazzam hızı, kütleçekim kuvvetini taşıdığına inanılan gravitonları ve karşıparça-

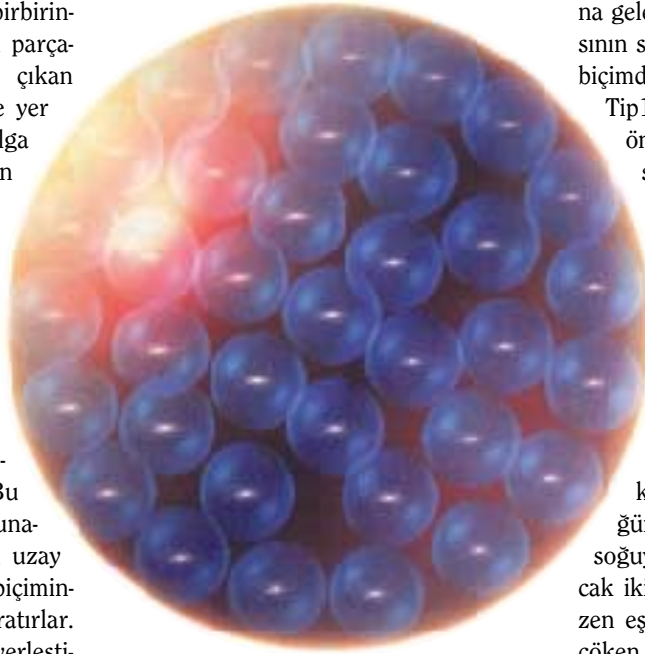
edemeyecek kadar uzaklaşmalarına neden oluyor. Birbirlerinden ayrılan sanal parçacıklar, gerçek parçacıklar haline dönüşmüş oluyorlar. Şişme kuramına göre parçacıkların bu yolla kararlı hale dönüşmesi büyük bir enerjinin serbest kalmasını sağlıyor. Bu enerji evreni dolduran madde ve ışınım çorbası içinde basınç dalgaları oluşmasına yol açıyor. Madde, kütleçekimin sıkıştırması ve ışınımın itmesi arasında salınıyor. BOOMERANG, MAXIMA ve DASI deneylerinin sağladığı verilerin dikkatle incelenmesi, kuramcılarının öngördüğü birinci ve ikinci tepe noktalarının varlığını kesine yakın biçimde ortaya koyduysa da üçüncü noktanın varlığı konusunda tereddütler var.

Deney sonuçları her ne kadar önemliyse de, tam olarak aranan kesinlikte değil. Teleskopların kozmik mikrodalga fonda belirlediği sıcaklık farkları, aslında fon üzerindeki yapıların büyüklüklerine karşılık geliyor. Ancak, 37 kilometre yükseklikteki bir balondan sarkan bir teleskopun tam olarak nereye baktığını yeterli kesin-



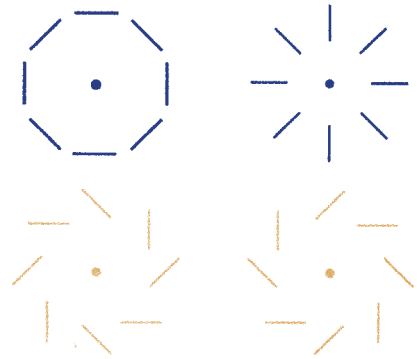
cıkları olan antigravitonları birbirinden ayırıyor ve bunları gerçek parçacıklara dönüştürüyor. Ortaya çıkan enerji, çok geniş bir yelpazede yer alan ve en şiddetlilerinin dalga boyları, evrenin çapına eşit olan kütleçekim dalgaları yaratıyor. Kozmik fondaki mikrodalga ışınımının dalga boyları, genellikle 2mm ile 5mm arasında değişiyor. Buna karşılık şişmeden kaynaklanan gravitonların dalga boyları çok daha geniş bir aralığı kapsıyor: 1cm ile 10^{23} km. Yani 100 milyar kere trilyon km. kadar!...Bu kütleçekim dalgaları nasıl bulunacak? Bunlar, içinden geçtikleri uzay zamanda sündürme ve büzme biçiminde ortaya çıkan salınımlar yaratırlar. Bu salınım da uzay araçlarına yerleştirilmiş ve ağırlıksız ortamda boşlukta asılı duran bir dizi ağırlıkta küçük hareketlere yol açabilir. (Kütleçekim dalgaları için bkz: TÜBİTAK Bilim ve Teknik, Kütleçekim Dalgası Peşinde, Sayı 395, Ekim 200 s.20-23). Gravitonlar da tıpkı öteki parçacıklar gibi bilgi ve enerji taşıyabildiklerinden, kütleçekim dalgalarının belirlenmesi, Büyük Patlama'nın ilk anını görebileceğimiz anlamına geliyor. Oysa Büyük Patlama fotonları, evreni 300 000 yıl süreyle dolduran madde-ışınım plazması tarafından sürekli saçıldığından, evrenin şeffaf hale gelmesinden önceki tarihi konusunda doğrudan veri elde etmek mümkün olamıyordu. Önümüzdeki on yıl içinde evrenin ilk anlarının resmini de çekme olasılığı, bilim topluluğunda kendi kütleçekim dalgalarını yaymaya başlamış bulunuyor.

Şişme kuramının, oluşturması gereken kritik yoğunlukta düz evren ile, kritik yoğunluğun ancak üçte birine sahip olduğunu gördüğümüz, dolayısıyla da bükülmüş, hatta açık olması gereken evren arasındaki tutarsızlığa az önce değinilmişti. Ama şişme kuramının da bu gözlem-kuram tutarsızlığını açıklamak için feda edilebilecek, geçersiz sayılabilecek bir şey olmadığını gördük. Zaten bu, Büyük Patlama'nın değinilen eksikliklerini giderebilecek bir başka kuram gerektirir ki, böyle bir kurama şimdilik sahip değiliz. Ama burada imdada başka bir gözlem yetişiyor: Uzak süpernova gözlemlerinin ortaya koyduğu, evrenin giderek ivmele-



nen genişlemesi. Böyle bir genişleme, kütleçekime baskın çıkacak itici bir kozmolojik sabit ya da değişik türden bir boşluk enerjisinin varlığını gerektiriyor. Kuramcılar bu boşluk enerjisinin, kütleçekimine ters bir kuvvet etkisi yapıyor gibi davranırsa da aslında bir tür madde gibi davranarak evreni sıradan maddenin yaptığı gibi bükme eğilimi taşıdığını öne sürüyorlar. Böyle olunca birbirine ters iki eğilimin etkileşmesi sonucu evren yeniden düzleşiyor ve şişme kuramıyla gözlemler arasındaki uyumsuzluk ortadan kalkıyor.

Gariptir ki, kuramın tam da gereksinim duyduğu anda gözlemler imdada yetişiyor. Geçtiğimiz Nisan ayında Hubble Uzay Teleskopu'nun 11 milyar ışık yılı uzaklıkta bir gökadada meydana



Kozmik fon ışınımının kutuplanması evrenin başlangıç anları konusunda bilgiler sağlayabilir. İlk anlarda evreni dolduran plazma içindeki yoğunluk farkları halka biçimli ya da radyal kutuplanma örüntüleri oluşturacaktır (üst). Kütleçekim dalgalarıysa, tersine sağa ve sola açık helezon biçimli örüntüler oluşturur.

na gelen bir Tip Ia süpernova patlamasının solgun ışığı, evrenin hızlanan bir biçimde genişlediğini ortaya koydu.

Tip Ia süpernovaları, dev yıldızların ömrünü noktlayan öteki türden süpernovaların tersine, yaklaşık Güneş kütleesindeki yıldızların bir ürünü. Güneş benzeri yıldızlar, ömürlerini daha sakin bir biçimde sona erdiriyorlar. Merkezdeki yakıtı tükenince şişip kırmızı dev haline gelen yıldız, dış katmanlarını yavaşça uzaya salıyor ve yıldızın sıkışmış, sıcak merkezi ortaya çıkıyor. Yaklaşık Dünya büyüklüğündeki bu "beyaz küce" giderek soğuyor ve gözden kayboluyor. Ancak ikili sistemlerde beyaz küceler bazen eşlerinden gaz çalıyorlar. Üzerine çöken gaz nedeniyle kütlesi 1.4 Güneş kütleisini aşan bir beyaz küce, Tip Ia süpernova patlamasıyla yok oluyor. Bu tür süpernovanın özelliği, muazzam şiddetinin yanı sıra uzaya yalnızca sonunda demire dönüşecek olan radyoaktif nikel ve kobalt saçmaları. Bu tür süpernovaların hepsi 1.4 Güneş kütleisinin "standart" bir ürünü olduğundan, yaydıkları ışık da standart. Dolayısıyla parlaklık derecesi, patlamanın yakınlığının ya da uzaklığının bir göstergesi oluyor. Nisan ayında keşfedilen bir süpernovayı inceleyen gökbilimciler ışık şiddetinden yola çıkarak mesafesini hesapladıktan sonra, incelemelerin yalnızca evrenin genişlemesinin hızlandığını kanıtlamakla kalmadığını, bu hızlanmanın görece yakın bir zamanda başladığını da ortaya koyduğunu açıkladılar. Bu durumda ani şişmeyle başlayan genişlemenin daha sonra kütleçekiminin etkisiyle bir süre yavaşladığını, ancak daha sonra "karanlık enerji" ya da "boşluk enerjisi" denen bir itici enerjinin etkisiyle hız kazandığını öngören model gerçeklik kazanmış oluyor.

Daha önce de 9.3 milyar ışık yılı uzaklıkta meydana gelen bir dizi süpernova patlamasından da aynı sonuç çıkartılmış, ancak başka bazı gökbilimciler süpernova patlamalarının renginin ve şiddetinin arada bulunan büyük gaz ve toz bulutlarının etkisiyle olduğundan soğuk görünebileceği itirazını yapmışlardı.

Kuramla gözlemin barışmasıyla rahat bir nefes alan kozmologlar, artık çabalarını bu boşluk enerjisinin özel-

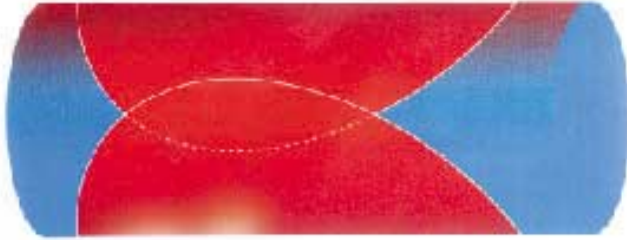


Bir enerji topağının çekici mi yoksa itici mi olacağını basıncı belirler. Eğer basınç, ışınım ve sıradan madde için olduğu gibi 0 ya da pozitifse kütleçekim kuvveti çekicidir (resimde aşağı sarkmış çukurlar potansiyel enerji kuyularını temsil ediyor). Işınımın basıncı daha fazladır dolayısıyla kütlesi daha çekicidir. 5. kuvvet için basınç negatiftir. Basınç ve kütleçekim iticidir (çukurlar tepelere dönüşüyor).

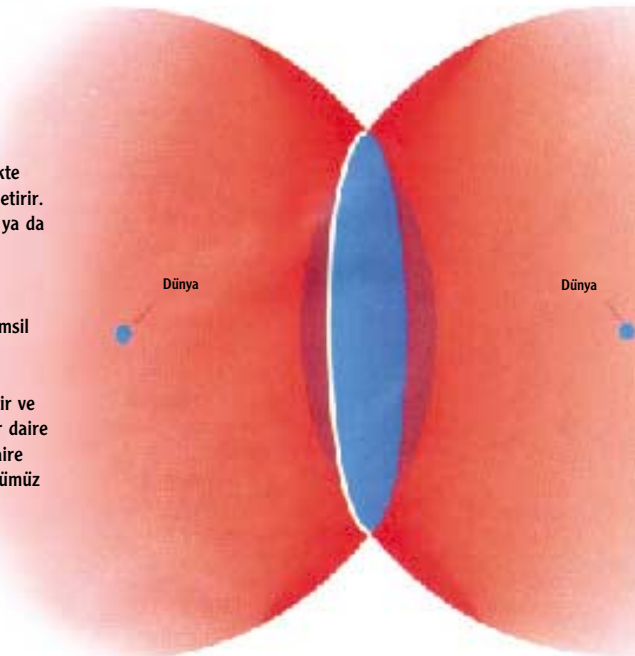
liklerini saptamaya yönelmiş bulunuyorlar. Bunun için de iki aday şimdiden hazır. Bunlardan bir tanesi, Einstein'ın eskiden genel görelilik denklemlerine göre dinamik olması gereken evreni zamanın egemen anlayışı olan statik evrene uydurmak için koyduğu, ancak evrenin genişlediğinin kanıtlanması üzerine "en büyük yanlışım" diyerek geri çektiği itici etki ya-

pan "kozmozolojik sabit" düşüncesi.

Einstein'ın genel görelilik denklemlerine göre kütleçekimi aynı zamanda itici de olabiliyor. Enerjinin çekici mi yoksa itici yönde mi etki yapacağını belirleyen faktör, basıncı. Işınım ya da sıradan maddede olduğu gibi bu basınç sıfır ya da pozitif olursa, kütleçekim, çekici etki yapar. Eğer basınç negatiftir, kütleçekim iticidir.



Kozmosun çevresine sarılmış olan ışık gökte örüntüler meydana getirir. Belirli bir zamandan ya da dünyadan belirli bir uzaklıktan gelen ışık (örneğin kozmik fon ışınımı) bir küreyi temsil eder. Eğer bu küre evrenden büyükse kendisiyle kesişecektir ve kesişme noktaları bir daire oluşturacaktır. Bu daire bizim iki kez gördüğümüz noktalardan oluşur.



Evrenin genişlemesinin hızlandığı yolunda inandırıcı işaretler ortaya çıkabilirdi, bu itici enerjinin Einstein'ın önermiş olduğu kozmozolojik sabit mi, yoksa daha sonra ortaya atılan ve "beşinci kuvvet", "beşinci element", ya da basitçe "karanlık enerji" diye adlandırılan akrabası mı? Kavram, adını eski yunan da temel elementler olarak tanıyan toprak, su, ateş ve havanın yanı sıra "Ay'ın ve gezegenleri taşıyan kürenin Dünya'nın üstüne çökmesini önleyen bir beşinci elementten esinlenmiş. Özelliği kozmozolojik sabitin tersine, zaman ve yere göre değerinin değişebilmesi. Kozmozolojik sabitse değişmez olduğu için şişme kuramıyla uyumlu değil. Çünkü başlangıçta da pozitif bir değer taşıdığı için madde yoğun olan ve Ω değeri şişme sürecince sabit 1'e doğru itilen evren düşüncesiyle uyum içinde değil. Oysa beşinci kuvvet, kuramcılarının göre başlangıçta kendini gizliyor ve ancak madde evrende egemenliğini yitirdiğinde devreye giriyor.

Boşluk enerjilerinden hangisinin geçerli olduğunu, ileride yapılacak daha duyarlı gözlemler ve daha ileri kuramsal çalışmalar ortaya koyacak. Bu noktada kesin olan şu. Evren, Ω değeri 1'in üzerinde olmadığına göre madde yoğun değil. Dolayısıyla kendi üzerine çökmeyecek. Yani birbirinden uzaklaşan gökadalara, kütleçekimin üstün gelmesiyle giderek hızlanan bir biçimde yeniden birbirlerine yaklaşıp sonunda üst üste yığılarak, Büyük Patlama öncesindeki gibi sonsuz yoğunlukta ve sıcaklıkta bir "tekillik" içinde son bulmayacaklar. Özetle evrenimizin sonu ateş değil. Ama biliyoruz ki Dünya'nımızın sonu ateş. Bugün 4.5 milyar yıllık yaşıyla ömrünü yarımamış olan Güneş, birkaç milyar yıl sonra giderek şişerek bir kırmızı dev haline gelecek ve Mars'a kadar olan gezegenleri (Dünya dahil) içine alıp buharlaştıracak. Gerçi Frank Drake'in ünlü matematik formülüne göre insanlığın bırakın milyarlarca yılı, milyonlarca yıl bile varlığını sürdürmesi bir mucize. Evrende akıllı varlıkların ortaya çıkması olasılığını matematiksel parametrelerle belirlemeye çalışan Drake, insanlığın yaklaşık 10 000 yıl içinde kendi kendisini yok edeceği görüşünü savunuyor. O zamana kadar torunlarımızı uzayın derinliklerine gönderebilirsek ne âlâ.

Diyelim bu işi başardık, ve kardeş gezegenlerimizin insanlı keşfiyle başlayan uzay serüvenimiz, torunlarımızın giderek başka yıldızların çevresindeki gezegenlere ulaşmalarıyla noktalandı. (Drake'in hesabına bakacak olursak astronot torunlar yoldayken Dünya'daki uygarlığımız son bulmuş olacak; çünkü bugünün teknolojiyle, yaklaşık en yakın yıldız olan Alfa Centauri'ye bile yolculuk 30-40 bin yıl alır). Varsayalım tüm güçlüklerle karışın astronot torunlarımız uzaya yayılmaya başladı ve Güneş yok olduktan sonra da onlarla devam eden soyumuz başka yaşam sığınaklarında gelişmeye çoğalmaya devam etti. Evren bir ateş topu haline gelmeyeceği için bu şanslı torunlar ne görecek?

Güneş'in yaklaşık beş milyar yıl sonra yakıtını tümüyle tüketip öleceğini görmüştük. Ancak evrendeki yıldızların büyük çoğunluğu Güneş'ten daha küçük olduklarından ömürleri de daha uzun. Güneş'ten 10 kat daha küçük olan bir yıldızın ömrü 10 trilyon yıl kadar olabiliyor. Ama sonunda gökadalarda yeni yıldızların doğmasına yol açan gaz rezervi tükenecek ve yıldızlar da teker teker sönecek. Sonra belki birkaç "kahverengi cüce" çarpışıp birleşerek sonunda bir yıldız olabilecek ve birkaç trilyon yıl da onlar saltanat sürecek. Evren yeniden karanlığa gömülecek. Sonra gökadalardan dağılma süreci başlayacak. İçlerindeki ölü ya da canlı yıldızlar arasındaki kütleçekimsel etkileşim, bunları uzaya fırlatacak. Gökadalardan bu şekilde yok olmasının 10^{19} yıl süreceği hesaplanıyor. Evren giderek küçülen gökadalarda, aralarındaki boşlukta dolaşan kovulmuş yıldızlarla dolacak. Küçülen gökadalarda kütleçekim dalgaları, kalan yıldızların da merkezdeki karadeliğe çekip yutulmalarına yol açacak. Sonunda evrende olup bitenleri izleyecek torunlarımız, ya da varsa başka canlılar da kalmayacak. Çünkü yıldızların (ve çevrelerindeki olası gezegenlerin) tükendiği evrende yalnızca süperdev kütleli karadeliğeler ve aralarında dolaşan birkaç ölü yıldız kalacak. Sonunda "Hawking radyasyonu"

süreciyle karadeliğeler de buharlaşacak. Ancak bunlar soğuk cisimler olduklarından, buharlaşma yavaş. Güneş kütlelerinde bir kara deliğin tümüyle yok olması için 10^{65} yıl gerekiyor. Bir milyon Güneş kütleli kara deliğince buharlaşma süresi 10^{83} yıl. Milyarlarca Güneş kütleli karadeliğelerin buharlaşma süresi hesaplanmamış. Karadeliğeler de bitti,

sıra geldi protonlara. Bu en kararlı parçacığın bozunmasının 10^{100} yıl olduğunu öne süren fizikçiler var. Eğer bir proton bozunuyorsa bu hepsinin de bozunacağı anlamına geldiğinden evrendeki tüm ölü yıldızlardaki protonlar da zaman içinde pozitron ve fotonlara dönüşecek. Sonunda evrende bir miktar pozitron, bir miktar elektron ve bir miktar da foton kalacak. Evren çok genişlediği için pozitronlarla elektronlar kolay kolay buluşup birbirlerini yok edemeyecekler ve evrenimizden anı olarak, başka evrenlerden gelebilecek ziyaretçileri karşılayacaklar.

Gerçi insanlığın şanslı torunları, yaşayacak yer kalmayınca kadar giderek geniş-

leyen,

donuklaşan ve karanlıklaşan bir evren gördüler, ama gene de şişme ve beşinci kuvvet kuramcılarına şükretmeliler. Çünkü başka bazı kuramlar evreni kendi üzerine sararken birazını üst üste koyuyor ve ortaya çıkan sonlu evrende gökadalardan hatta kendi gökadanızın seraplarını görebiliyorsunuz. Düşünsenize, onca yıl yolculuk yaptıktan sonra yaklaştığımız gökadaya bir türlü varamıyor, yakıtınız tükendiğinde de

gökadanın gerçeğinin evrenin öbür ucunda olduğunu anlıyorsunuz.

Başka bazı senaryolar daha da radikal - ve de torunlar için tehlikeli. 10 uzay ve 1 zaman boyutu üzerine kurulu sicim teorisinden esinlenmiş evren modelleri de var. Bunlar son derece küçük, görünmez boyutların doldurduğu bir "gövde" içinde yüzen ve yalnızca kütleçekim dışındaki temel doğa kuvvetlerinin üzerinde etkileştiği üç boyutlu zarlardan oluşan evrenleri de içeriyor. Kütleçekim, zardan, çok boyutlu gövdeye uzanıyor ve ancak o yeni boyutları hissedip onlarla etkileşebiliyor. Gerçi bir cam üzerinde yaşamak fena olmayabilir ama sorun şu: başka bir cam yaklaşıp da size değdiğinde evreniniz patlıyor.

Aslında evrenimize, pek iç açıcı olmasa da, mevcut gözlemlere dayanarak "tutucu" sayılabilecek bir kader çizdik. Öteki modeller, çok yabancı, çok uçuk geliyor. Evren deyince aklımızda hep küreler var. Simitler, ikki, üç delikli çöreklerin duvarı içinde biteviye gidip gelmek çok cazip gelmiyor. Hele dörtköşe cam biçiminde evren senaryoları estetik duygularımızı ayağa kaldırıyor. Ama unutmayalım ki, bir zamanların en "uçuk" düşüncelerinden olan şişme kuramı, şimdilerin en başarılı kuramı mertebesine erişti. O halde hazırlıklı olalım: MAP ve ondan sonraki keşif araçlarımız, bizi yepyeni kadelere taşıyacak sürprizler de sağlayabilir.

Raşit Gürdilek

- Kaynaklar**
 Bucher, M.A., Spergel, D.N., "Inflation in a Low Density Universe", Scientific American, Ocak 1999
 Seife, C., "Peering Backward to the Cosmos's Fiery Birth", Science 22 Haziran 2001
 Caldwell, R., ve Kamionkowski, M., "Echoes from the Big Bang", Scientific American, Ocak 2001
 Luminet, J.P., Starkman, G.D., Weeks, J.R., "Is Space Finite?" Scientific American, Nisan 1999
 Folger, T., "The Magnificent Mission", Discover, Mayıs 2000

