

KARANLIK ENERJİ

EVREN NEDEN YAPILI? Bu soru, şu ya da bu biçimde binlerce yıldır sorulmuş. Ancak şimdi, giderek daha duyarlı hale gelen ve birbirini tamamlayan ölçümler sayesinde yanıtı çok yaklaşmış görünüyoruz.

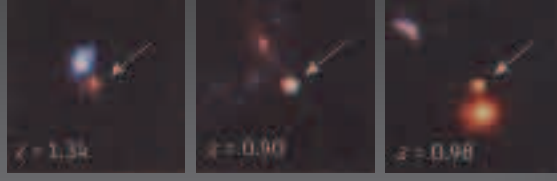
Evrendeki enerjinin yalnızca yaklaşık %5'i tanıdığımız maddeden, yani atomlardan, bunların yapıtaşlarından ve aynı yapıtaşlarından oluşan diğer parçacıklardan oluşuyor. Evrenin %25'iye, gökadalara, yıldızlar ve gaz ve toz bulutları gibi tanıdığımız madde üzerindeki kütleçekim etkisiyle varlığından haberdar olabildiğimiz karanlık madde. Geriye kalan %70 de evrenin daha gizemli bir bileşeni olan karanlık

enerji. Hakkında bilinebilen, eğer değişiyorsa, bunu çok yavaş yaptığı. Kozmologlar, karanlık enerjinin varlığı ve evrende aşağı yukarı homojen biçimde dağıldığının dışında, niteliği ve özellikleri konusunda kendileri de karanlıktalar.

Gözleyebildiğimiz bölümü en az 100 milyar gökada içeren evrenimiz büyük. Ve de genişledikçe daha da büyüyor. Ama evren içindeki her şey genişlemiyor. Gökadalar, atomlar ve insanlar gibi "bağlı" sistemler genişlemiyorlar (Bilesiniz ki, eğer bedeniniz genişliyoorsa, bunun sorumlusu kozmolojik nedenler değil). Uzak gökadalar arasındaki uzaklığınsa giderek arttığını gözlüyoruz. Görünür evren, adından da anlaşılabiliriz gibi yalnızca görebildiğimiz kı-

sımla sınırlı. Peki, bir şeyleri gözden çıkırmadığımızı nereden bileceğiz? Tamam; karanlık maddeyi, kütleçekim etkisi nedeniyle belirleyebildik. Ama bunu, karanlık da olsa, aydınlık da olsa maddenin gökadalara, gökada kümelerine çökmesiyle yapabildik. Yani madde, kütleçekimsel etkilerinin bir bölgede yoğunlaştığı gökada ve gökada kümelerinde toplandığı için. Peki, yoğun bölgelerde toplanmayan, son derece düzgün dağılımlı bir enerji türü olabilir mi? Böylesine düzgün dağılmış bir enerji, maddenin tek tek gökadalar ya da gökada kümeleri içindeki hareketi üzerinde ölçülebilir bir etki yapmayacaktır. Ama yine de evrenin genel gelişmesini etkileyecektir.

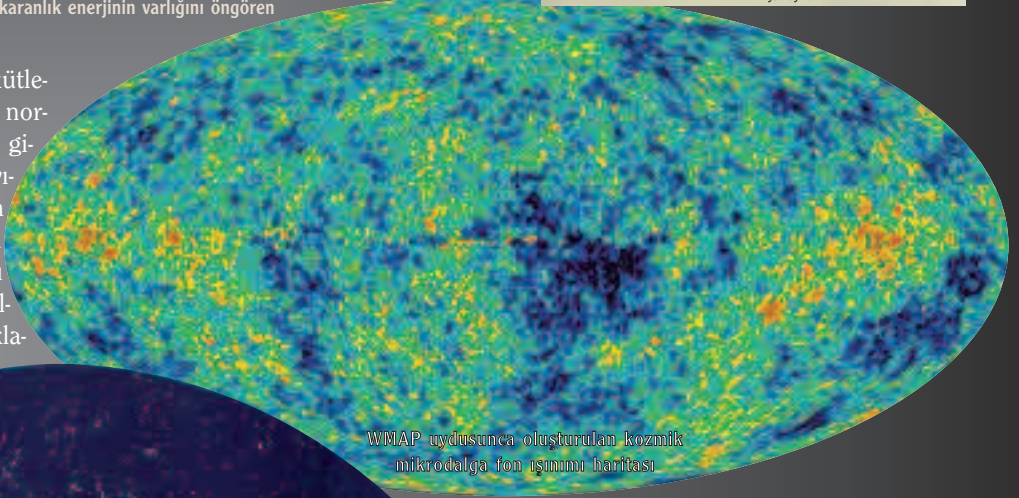
Karanlık enerjinin varlığına en az üç grup kanıt bulunuyor (yanda): Hubble Teleskopu'yla çok uzakta meydana gelen Tip Ia süpernovaların uzaklık ve kırmızıya kayma düzeylerinin karşılaştırılması, evrenin hızlanarak genişlediğini gösterdi. Sağdaki grafikte



gösterilen onlarca süpernova konumu, %30 madde ve %70 karanlık enerjiden oluşan bir model evrenle (kesikli çizgi) mükemmel bir uyum gösteriyor. WMAP uydusunca oluşturulan kozmik mikrodalga fon ışınımı haritası üzerindeki sıcak (kırmızı) ve soğuk (mavi) noktaların genelde 1° ölçeğinde olması, karanlık maddenin varlığını gerektiren düz bir evrene işaret ediyor. Sloan Sayısal Gökyüzü Araştırması projesinde ve benzeri araştırmalarda ortaya çıkan gökada kümelerinin dağılımı da karanlık enerjinin varlığını öngören modellerle tutarlılık gösteriyor.



Gökadalar birbirleri üzerinde kütleçekim etkisi uyguladıklarından, normal olarak kozmik genişlemenin giderek yavaşlaması beklenir. Dolayısıyla 1998 yılında iki ayrı gökbilim ekibinin evrenin genişlemesinin yavaşlayacağı yerde hızlandığını göstermeleri, kozmolojide şok dalgaları yarattı. Her iki grup da yaklaşık 9 milyar ışık yılı uzaklıkta meydana gelen Tip Ia süpernova patla-



maları incelediler. Bu tür süpernovalar, dev yıldızların merkezlerindeki yakıtı hızla tüketmeleri sonucu meydana gelenlerden çok daha farklı. Yaklaşık Güneş kütleesindeki yıldızların sakin ölümlerinin ürünü olan "beyaz cüce"lerde meydana geliyorlar. Yaklaşık Dünyamız kütleisinde olan beyaz cüce, ikili bir yıldız sistemindeyse eş yıldız da ömrünün sonuna yaklaşıp şişerek bir kırmızı dev haline gelmeye başladığında ondan gaz çalmaya başlıyor. Beyaz cüce'nin kütlesi "Chandrasekhar limiti" denen 1,4 Güneş kütleisini aştığında da zincirleme bir nükleer tepkime gerçekleşiyor ve beyaz cüce çok şiddetli bir patlamayla uzaya dağılıyor. Tüm Tip Ia süpernovalar, yalnızca beyaz cüceler 1,4 Güneş kütleisini aştığında meydana geldikleri için, patlamanın yaydığı ışının şiddeti aşağı yukarı aynı oluyor. Ayrıca çok şiddetli patlamalar oldukları için çok uzak gökadalarda bile rahatlıkla görülebiliyorlar. Bu da onları gökbilimcilere kozmik uzaklıkları ölç-

mede yardımı olan "standart ışık kaynakları" haline getiriyor. Bir standart ışık kaynağı bize ne kadar soluk görünüyorsa, kaynak o kadar uzak demektir. Ayrıca bir süpernovanın kırmızıya kayma düzeyi ölçülerek, patlamanın ışığının yola çıktığı andan itibaren evrenin ne kadar genişlemiş olduğu da çıkarılabiliyor. Çünkü kırmızıya kayma yalnızca kozmik genişlemeyle ilgili bir parametre.

İki ekibin 1998 yılında gözledikleri süpernovalar, kırmızıya kayma ölçülerine göre olmaları gerekenden daha soluk ve dolayısıyla daha uzaktılar. Bu da evrenin genişlemesinin ivmelendiğinin bir işaretiydi.

Çözümeyeni Çözmek

Evrenin bu beklenmeyen ivmelendirmesinin en iyi açıklaması, bir "karanlık enerji" ile yapılabiliyor. Gökbilimcilere göre bu, yoğunluğu uzayın her santimetre küpünde aynı olan ve eğer evren genişledikçe azalıyor, bu azalma-

nın çok az olduğu gizemli bir enerji türü. Karanlık enerjinin bu değişmezliği, evrene sürekli bir itki vererek genişlemenin hızlanmasına yol açıyor (Çerçeve: Karanlık Enerji Genişlemeyi Neden İvmelendiriyor). Karanlık enerji, kafa karıştıran bir kavram. Ama, karanlık enerjiyi açıklamak için süpernovalardan başka araçlar da var. Düzgün dağılmış bir enerji yoğunluğu, yalnızca evrenin genişleme hızını değil, uzayın toplam eğriliğini de etkiler. Bu eğrilikse, bugün kozmik mikrodalga fon ışınımında gördüğümüz küçük sıcaklık farklılıklarının örneğini belirler.

Kozmik mikrodalga fon ışınımı, evren yaklaşık 300.000 yaşındayken yeterince soğuduğunda, hâlâ çok yoğun olan "madde ve ışınım çorbası" (yani proton, nötron ve elektron gibi madde parçacıklarıyla fotonlar) içindeki atom çekirdeklerinin, ortamdaki serbest elektronları yakalamaları sonucu, bu elektronlardan saçılan ışık parçacıklarının (foton) ilk kez düz rotalar izleyerek ilerlemeleri ve böylece evrenin ilk kez aydınlandığı andan kalan fosil ışınım. Başlangıçta gama ışınları biçiminde yola çıkan fotonlar, evrenin genişlemesi ve soğuması sonucu bugün 2,7 K (-270,45 °C) sıcaklığa karşılık gelen bir enerjiyle evrenin her tarafını dolduruyorlar. Ancak, bu ışınım her ne kadar düzgün görünse de sıcaklığında yüz

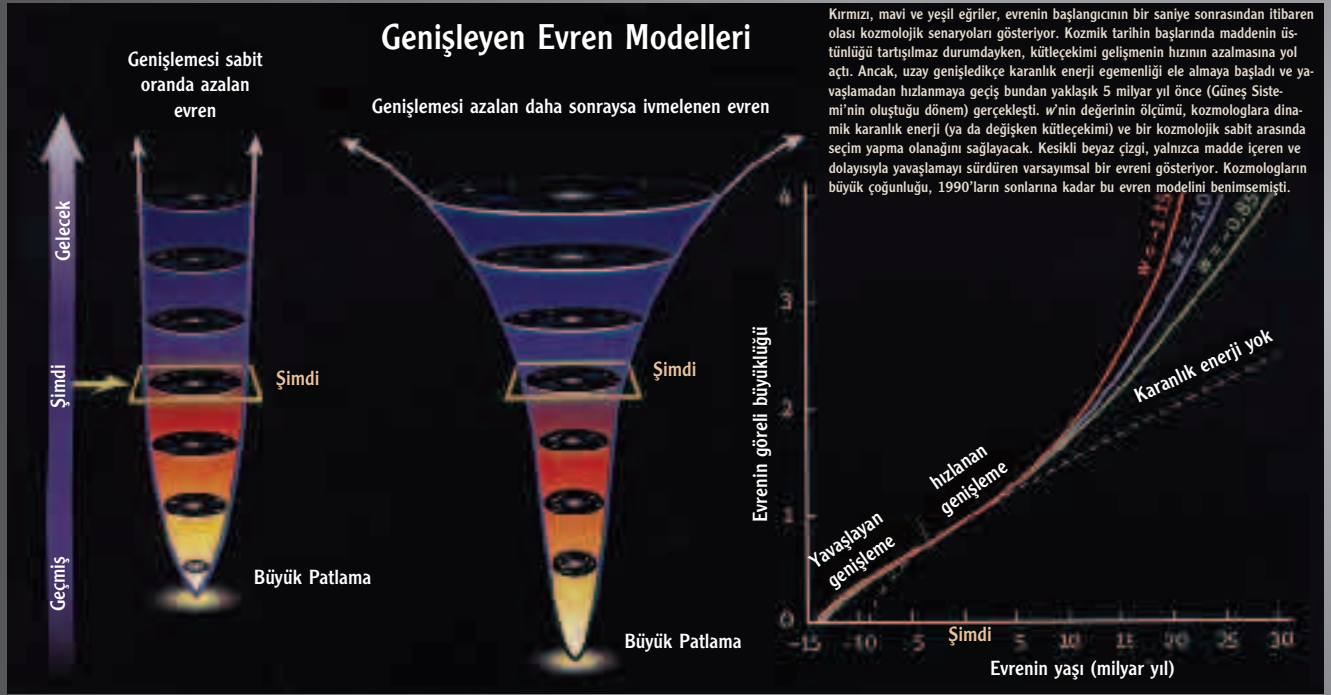
binde birkaç parça düzeyinde faklılık olan bölgeler bulunuyor. İşte uzayın eğriliği, bu fon ışınımı içindeki “sıcak” ve “soğuk” bölgelerin biçimini çarpıtarak, görünen boyutlarını değiştirebiliyor. Kozmologlar, eğer evren bir masa üstü kadar düzse bu sıcaklık farklılıklarının açısal genişliği 1° olan bölgelerde en güçlü biçimde fark edilebileceğini hesaplıyorlar. Evrenin bu “düzlüğü” de aslında kafa karıştırıcı bir kavram. Burada düz evren’le kastedilen, çemberi neredeyse düz hale gelecek kadar sonsuz yarıçapta bir kürenin yüzeyi. Yeniden kozmik mikrodalga fon ışınımı içinde gözlenen sıcak ve soğuk bölgelerin açısal büyüklüğüne dönecek olursak, evrenin daha küçük bir küreninki gibi pozitif bir eğriliğe

ancak %30’unu elde edebiliyoruz (Einstein’in ünlü $E=mc^2$ formülü uyarınca madde enerjinin bir türü). O halde kendisinin de gökadalara ve gökade kümeleri gibi madde yapılarına katılmasına izin vermeyen bir başka enerji türü olmalı. İki Derecelik Alan (2dF), Gökada Kırmızıya Kayış Araştırması, ve Sloan Sayısal Gökyüzü Araştırması (SDSS) gibi geniş çaplı araştırmalar, gökadalara nasıl büyük çaplı yapılar oluşturduğunu ortaya koyuyorlar. Bu yapıların biçimi, genel olarak karanlık madde tarafından belirleniyor; ama karanlık enerji de gökadalara düz katmanlar ya da büyük duvarlar biçiminde bir araya gelmelerini etkiliyor. 2dF ve SDSS tarafından oluşturulan gökade dağılım haritaları,

Boşluk Enerjisi

Ama böyle, bir karanlık enerjinin egemenliğindeki evren, bizlere fazla anlamlı gelmiyor. Özellikle iki özelliği şaşırtıcı. Bir kere, mantığa ne kadar aykırı gelirse gelsin, karanlık enerji anlaşılmaz bir biçimde zayıf. İkincisi, karanlık enerjiyle karanlık maddenin günümüzdeki yoğunlukları üç katlık bir aralık içinde de olsa karşılaştırılabilir düzeylerde.

Bu konuları anlayabilmek için en önde gelen karanlık enerji adayına bakalım: “Boşluk enerjisi” boş uzayda var olan ve evrenin her yerine eşit dağılmış olan bir enerji. Bir boşluk enerjisi kavramını, bunu “kozmozolojik sabit” adı altında 1917 yılında genel gö-



sahip olması halinde bölgelerin genişliğinin 1°den büyük, bir eyer gibi negatif bir eğriliğe sahip olması durumunda, bölgelerin açısal genişliğinin 1 dereceden küçük olması gerekir. Yerden özel teleskoplarla, balonlarla atmosferin üzerine yükseltilecek araçlarla ve nihayet uydularla yapılan gözlemler, fon ışınımı içindeki en büyük topakların (farklı sıcaklıktaki bölgelerin) tam 1° açısal büyüklük taşıdığını, yani evrenin neredeyse tümüyle düz bir yapıda olduğunu ortaya koymuş bulunuyor. Ancak, ister ışınım, ister karanlık olsun, tüm maddeyi bir araya getirdiğimizde, evrenin dümdüz olması için gereken enerji yoğunluğunun

karanlık enerjinin egemenliğindeki bir gökade için öngörülen değerleri destekliyor.

Böylece görülüyor ki, karanlık enerji kavramı, olağanüstü bir gözlem desteğine sahip: Süpernovalar, kozmik mikrodalga fon ışınımındaki sıcaklık dalgalanmaları, ve gökade kümelenecekleri %5 tanıdık madde, %25 karanlık madde ve %70 karanlık enerjiden oluşan bir evren için gereken kuramsal öngörülerle mükemmel bir uyum gösteriyorlar. Karanlık enerjinin varlığı ve egemenliğinden kuşku duymak için en azından bu birbirinden tümüyle bağımsız ölçütlerin hep birlikte çökmesi gerekir.

relilik kuramına dahil eden Albert Einstein'a borçluyuz. O zamanlar gökbilimciler evrenin ne genişlediğini, ne de kütleçekimi nedeniyle kendi üzerine çökebileceğini düşünüyorlardı. Dolayısıyla Einstein, kütleçekiminin etkisini dengelemek, yani formüllerini statik bir evrenle bağdaştırabilir hale getirmek için, kütleçekiminin tersine itici bir etki yapan kozmozolojik sabiti formüllerine ekledi. Daha sonra 1929 yılında Amerikalı gökbilimci Edwin Hubble evrenin genişlemekte olduğunu gösterince, Einstein “en büyük hatam” dediği bu kavramı terk etti. Oysa günümüz bulguları gösteriyor ki Einstein, asıl hatayı kozmozolojik sabitle yo-

lunu ayırdığında yapmış. Ama günümüz biliminsanları, Einstein iki kez yanlış diye kendilerini üstün hissedemiyorlar. Çünkü bu esrarlı büyüklüğün ne olduğu hâlâ anlaşılabilmiş değil.

Boşluk enerjisi, bir gaz, sıvı ya da herhangi bir madde değil; yalnızca uzay-zamanın bir özelliği. Basitçe, uzayın herhangi bir yerindeki asgari enerji miktarı. Bir başka deyişle, orada bulunan herhangi bir "şeyi" çekip aldığıımızda orada kalan enerji. Genel görelilikte bu özellik pozitif ya da negatif olabilir. İlle de sıfır olacak diye bir kayıt yok.

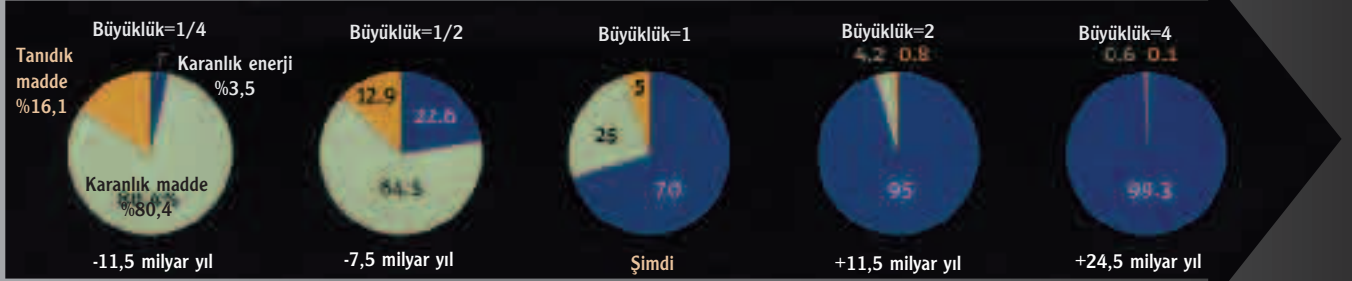
Atomaltı dünyada, herhangi bir sistemin durumunu anlamamız, kaçınılmaz olarak bir belirsizlik doğurur (Werner Heisenberg'in belirsizlik ilkesi). Dolayısıyla enerji alanlarının boş uzayda bile dalgalanması gerekir. Bu boşluk (vakum) çalkantılarında sanal parçacık çiftleri kendiliklerinden ortaya çıkıp birbirlerini hemen yok ediyorlar. Bunlar, boşluk enerjisine katkıda

tarsızlık. Bilinmeyen bir süreç kuantum çalkantılardan doğan boşluk enerjisini gideriyor olabilir; ama kimse bu tenzilatin neden kaynaklandığı konusunda bir fikre sahip değil.

Boşluk enerjisi, yalnızca olması gerekenden çok daha küçük çıkmakla kalmıyor. Yoğunluğu da kuşkulu bir biçimde maddenin yoğunluğuna yakın. Evren genişledikçe maddenin yoğunluğunun azalmasına karşılık, uzayın her santimetrekaresindeki boşluk enerjisi sabit kalıyor. Dolayısıyla karanlık enerjiyle karanlık maddenin günümüzdeki değerleri birbirine yakınsa, görelî güçleri geçmişte çok farklı olmalıydı. Örneğin, kozmik mikrodalgaya fon ışınımı ilk yayıldığında, madde yoğunluğu, boşluk enerjisinin yoğunluğundan bir milyar kez daha büyüktü. Ve de gelecekte kozmik genişleme daha fazla boşluk yarattığında, boşluk enerjisi evrenin evriminin yönetimini tümüyle ele geçirecek. Peki biz neden şimdi iki büyüklüğün de karşılaştırılma-

tundan daha fazla boyutlar bulunduğu varsayımı üzerine kurulu. Her iki durumda da tanınmayan bazı süreçlerin rol oynaması gerek; çünkü aksi halde gerek bu süperparçacıkları, gerekse fazladan boyutları şimdiye kadar gözleyebilmemiz gerekirdi. Ama biz gözleyememiş olsak da bu gizli mekanizmalar perde gerisinde işlev görerek boşluk enerjisini dramatik ölçüde değiştirebilir. Bilinen parçacıklardan kaynaklanan boşluk enerjisi, bunların süper eşleri tarafından giderilebilir. Fazladan boyutlarsa, karanlık enerjinin aşırı kütleçekim etkilerini soğuruyor olabilir. Ancak kuramcılar henüz bu ilginç fikirleri inandırıcı modeller haline getirebilmiş değiller.

Fizikçiler, karanlık enerjinin gözlenen değerinin parçacık fiziğinden doğal olarak kaynaklandığı bütüncül bir resim oluşturmaya çalışıyorlar. Çaresizlikten, bazı fizikçiler boşluk enerjisinin uzayın birbiriyle temas halinde olmayan geniş bölgelerinde



bulunuyorlar; ama yaygın inanışın aksine boşluk enerjisinin tek kaynağı değiller. Çünkü genel görelilik, bu çalkalanmalar olmaksızın da kendiliğinden var olan bir boşluk enerjisini öngörür. Einstein kozmolojik sabitini ortaya attığında herhalde sanal parçacıkları düşünmüyordu.

Eğer gerçekten karanlık enerji buyusa, gözlenen boşluk enerjisinin değeri düşük. Dünya'nın hacmi içindeki miktarı, sıradan bir Amerikalının yıllık elektrik tüketiminden fazla değil. Fizikçiler, boşluk çalkalanmalarının toplam boşluk enerjisine ne kadar katkı yapması gerektiğini hesaplamışlar. Sonuç, gözlenebilen miktarın 10^{120} katı çıkmış. Eğer kuramsal değer doğru olsaydı, boşluk enerjisinin yalnızca bir metreküpünün, ABD'nin 10^{85} yıl süresince tüketeceği toplam elektriğe eşit olması gerekirdi. İşte bu, fizikte kuramla gözlem arasındaki en büyük tu-

bileceği bir dönemde yaşıyoruz? Ve boşluk enerjisinin olması gerektiğini düşündüğümüzden çok daha küçük yapan ne?

Çözüm Arayışları

Bu sorulara verilebilecek çok iyi yanıtlar yok; ama bazı kuramlar sonuca çekici yaklaşımlar getiriyor. Bunlara iki örnek, süpersimetri ve fazladan boyutlar. Günümüzde atomaltı etkileşimlerden sorumlu parçacıkları açıklayan ve büyük deneysel başarılarına karşın bazı tutarsızlıkları olduğu bilinen Standart Model'e rakip olarak geliştirilen süpersimetri, bir kuantum özellik olan spinlerine (dönme) göre fermiyon ya da bozon olarak iki gruba ayrılan temel parçacıklardan her birinin, karşınsten bir ağır (süper) eşparçacığı olmasını öngörür. Fazladan boyutlar düşüncesiyle, tanıdığımız üç uzay boyu-

birbirinden çok farklı değerler alabileceği görüşünü öne sürdüler. Bu kuramcılara göre biz, boşluk enerjisinin oldukça ılımlı değer taşıdığı bir bölgede, ortaya çıkmışız. Değerinin büyük ve pozitif olduğu bir bölgede boşluk enerjisinin gökadalaları ve atomları parçalayıp dağıtması gerekirdi. Değerinin büyük ve negatif olduğu bir bölgedeyse boşluk enerjisi evrenin hızla kendi üzerine çökmesine yol açacaktı. Demek ki, küçük bir boşluk enerjisi değeri ölçmemizin nedeni, ekstrem özellikler taşıyan bölgelerde var olmamız.

Hepsi de değişik değerlerde boşluk enerjisine sahip ve hepsi de herhangi bir gözlem olanağının dışında muazzam sayıda bölge bulunduğu, cüretkar bir düşünce. Ancak şişme ve sicim kuramlarındaki yeni düşünceler, bizi böyle bir evrende yaşadığımızı kabule zorlayabilir.

Boşluk Enerjisinin Ötesinde

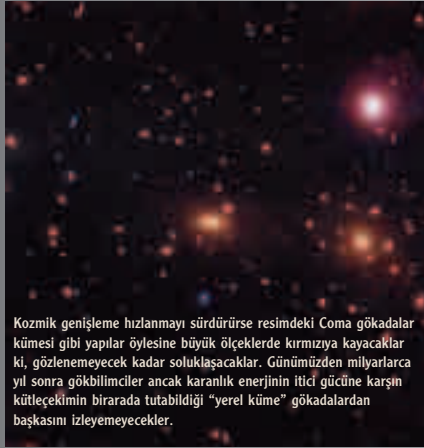
Boşluk enerjisinin değeri çok küçük olduğundan, bunu gözlenen küçücük değeriyle bağdaştıracak bir kuram yerine tümüyle sıfıra indirgeyecek bir kuram icat etmek daha kolay olabilir. Fizikçiler böyle bir kuram inşa etmiş olsalar da, bir gün böyle bir kuramı bulacağımızı varsayalım. Bu durumda, gözlenen karanlık enerji, bir boşluk enerjisi değil, yine düzgün dağılmış ve yavaş değişen bir başka tür enerji olacaktır. Bunun için çeşitli adaylar önerilmiş olmakla birlikte, hiçbiri doğal görünmüyor. Bunlardan en çok kabul göreni, “beşinci kuvvet” (quintessence) deneni. Elektromanyetik ve kütleçekim alanları gibi görünmez olan ve evren genişledikçe yavaşça değişen bir alan. Beşinci kuvvete benzeyen bir alan, ilk anlarında evrenin şişmesine yol açmış olabilir; tabii çok daha fazla enerji taşıması koşuluyla. Büyük Patlamadan sonraki ilk saniyenin inanılmaz kesirleri içinde meydana geldiği düşünülen kozmik şişmeyi gerçekleştiren enerjinin, evrenin ilk anlarında madde ve ışınım dönmüş olduğu düşünülüyor.

Karanlık enerjinin boşluk enerjisi gibi sabit olacağı yerde “beşinci kuvvet” gibi dinamik mi olduğunu belirlemek, günümüz kozmolojisinin en temel hedeflerinden biri. Karanlık enerjinin evrimi kozmik genişlemeyi doğrudan etkilediğinden, kozmologlar genişlemenin tarihini olabildiğince kesin olarak belirlemeye çalışıyorlar. Karanlık enerjinin evrimiyle ilgili çıkarımlar genellikle “durum denklemi parametresi” deneni ve w olarak gösterilen bir parametreyle betimleniyor. Bu değer, karanlık enerjinin basıncının, enerji yoğunluğuna bölünmesiyle elde ediliyor. Eğer karanlık enerji saf, değişmeyen bir boşluk enerjisiyse, w 'yi -1 olarak ölçmemiz gerekecek. Böyle bir evren, ivmelenen bir hızla genişlemeye devam edecek ve tüm yıldızlar “Büyük Donma” deneni bir senaryoda soğuyup ölecek. Günümüzde gözlemler w 'nin değerinin -1'e yakın olduğunu ortaya koyuyor.

Ancak durum, w 'nin -1'den biraz büyük ya da küçük olması durumunda ilginç bir hal alıyor. Eğer w -1'den büyükse (yani daha az negatifse) bunun anlamı, karanlık enerjinin yoğunluğunun zamanla azaldığı ki, bu da beşinci kuvvet düşün-

cesiyle uyum halinde. Buna karşılık, -1'den daha küçük bir w değeri, evren genişledikçe yavaşça büyüyen bir karanlık madde yoğunluğuna karşılık geliyor. Eğer w , -1'in altında kalacak olursa, bazı kozmologlar evrenin “büyük parçalanma” deneni bir finalle son bulacağı görüşünü savunuyorlar. Bu senaryoya göre kozmik genişleme elektromanyetik kuvvete üstün gelecek ve atomlar paramparça olacak (Aslına bakılacak olursa, evrenin geleceğiyle ilgili pek az senaryo, “hoş” sıfatıyla betimlenebilir). Karanlık enerjinin güvenebileceği bir kavrayışına erişmedikçe, bugünkü davranışıyla ilgili hiçbir ölçüm bize gelecekte ne olacağı konusunda sağlıklı bir şey söyleyemez. Hatta, ne kadar uzak olursa olsun, evrenin bir gün “Büyük Sıkışma” deneni bir süreçle kendi üzerine çökebileceği olasılığını da tümüyle dışlamamız gerekiyor.

Tip Ia süpernovaları daha büyük sayılarda ve daha duyarlı araçlarla gözlemek,



Kozmik genişleme hızlanmayı sürdürürse resimdeki Coma gökadalardaki kümesi gibi yapılar öylesine büyük ölçeklerde kırmızıya kayacaklar ki, gözlenemeyecek kadar soluklaşacaklar. Günümüzden milyarlarca yıl sonra gökbilimciler ancak karanlık enerjinin itici gücüne karşın kütleçekimin birarada tutabildiği “yerel küme” gökadalardan başkasını izleyemeyecekler.

w 'nin değerini ölçmek için ilk aklı gelen yollardan biri. Biliminsanları, bu iş için Süpernova İvmelenme Sondası (SNAP) adlı, bu görev için özel olarak yapılmış bir geniş açılı kamera taşıyacak olan bir uzay teleskopu geliştirmek düşüncesi üzerinde duruyorlar. Bu arada gerek yeryüzündeki teleskoplarla, gerekse de Hubble Uzay Teleskopuyla yapılan süpernova taramaları da hem ölçümlerin duyarlılığını, hem de varılan sonuçlara olan güveni artırıyor. Avrupa Uzay Ajansı'nın uzaya göndermeyi planladığı Planck uydusu gibi projeler, daha yüksek çözünürlükte kozmik mikrodalga fon ışınımı haritalarının oluşturulmasını sağlayacak; ve bu ışınımın kutuplanma ölçümleri de karanlık enerjinin oranını daha duyarlı biçimde ortaya koyacak.

Kozmologlar ayrıca gökada kümelerinin sayısını ve geçirdikleri değişimi de

kozmetik genişlemenin duyarlı göstergeleri olarak kullanabilmeyi umuyorlar. Sıcağı ve seyrek gaz kütleleri gökada kümelerini sarıya ve gökbilimciler (milyonlarca derece sıcaklıktaki) bu gazı hem yaydıkları X-ışınları sayesinde doğrudan, hem de kozmik mikrodalga fon ışınımının tayfında (Sunyaev-Zel'dovich etkisi nedeniyle) yol açtığı çarpılmalar sayesinde dolaylı yoldan inceleyebiliyorlar. Bu araçların bir arada kullanılmasının, kozmolojiye yeni ve duyarlı bir gözlem aracı kazandırması bekleniyor. Tüm bu farklı yöntemler ve olası yeni uzay projeleriyle, önümüzdeki yıllarda kozmik genişlemeyle ilgili verilerin hacminde ve niteliğinde büyük artışlar olacağı düşünülüyor.

Kutlama Partileri İçin Erken

Karanlık enerjinin ne olduğunu anlamak isteyenler, yalnızca kozmologlar değil. Fizikçiler de önümüzdeki yıllarda parçacık hızlandırıcılarını kullanarak boşluk enerjisinin neden bu kadar küçük olduğunun sırrına erişmeye çalışacaklar. Bu deneyler çerçevesinde, ağır süper eşler yaratılarak süpersimetrisinin gerçekliği sınanacak. Ayrıca enerjinin yeni boyutlara kaçıp kaçmadığı gözlenerek fazladan boyutların gerçekten var olup olmadığının belirlenmesine çalışılacak. Bu arada karşılaşılabilecek başka sürprizler de işin cabası. ABD'nin Şikago kenti yakınlarındaki Fermi Ulusal Laboratuvarı'nda (Fermilab) bulunan Tevatron, günümüzde parçacıkları en yüksek enerjilere kadar hızlandırıp çarpıştıran ve çarpışma enkazında yeni parçacıklar arayan hızlandırıcı. Ancak 2007 yılında Avrupa Parçacık Fiziği laboratuvarı CERN'de hizmete girmesi beklenen Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC), çok daha güçlü bir deney aygıtı olacak. Ayrıca hızlandırılan parçacıkların bir miktar enerji yitirmelerine neden olan halka biçimli hızlandırıcılar yerine büyük ve güçlü bir doğrusal hızlandırıcının da henüz belirlenmeyen bir yerde kurulması için planlar olgunlaştırılıyor. Bu arada masa başı deneylerde de kütleçekiminin fazladan boyutlara sızıp sızmadığının anlaşılması için Newton'un gökcisimlerinin davranışını açıklayan ters kare yasası, milimetreden daha küçük ölçeklerde sınanıyor.

Karanlık Enerji Genişlemeyi Neden İvmelendiriyor

Einstein'ın genel görelilik kuramına göre evrenin Hubble parametresi H ile ölçülen genişleme hızı, doğrudan doğruya enerji yoğunluğuyla, yani her santimetreküpündeki enerji miktarına bağlıdır. Evrenin daha küçük ve daha yoğun olduğu ilk dönemlerde H son derece büyük bir değere sahipti. Madde egemen bileşendi ve enerji yoğunluğu, $E=mc^2$ formülü uyarınca proton ve elektron gibi parçacıkların duragan kütesinden kaynaklanıyordu. Ancak, kozmik genişleme parçacıkların sayı yoğunluğunu ve dolayısıyla maddedeki enerji yoğunluğunu azalttı ve H 'nin değeri hızla düştü. Bu parametrenin günümüzdeki değeri (H_0 olarak gösterilir) her megaparsek

(3,26 milyon ışık yılı) için saniyede 71 kilometre olarak ölçülüyor.

Şimdi, karanlık enerjinin egemen olduğu bir dönemdeyiz ve bu g.zemli kuvvetin enerji yoğunluğu aşağı yukarı sabit olduğundan, H 'nin değeri de sabit kalıyor. Bunun anlamı, günümüzde evrenin sabit bir hızla genişlediği.

Peki, nasıl oluyor da sabit bir genişleme hızına "ıvmelenen genişleme" denebiliyor? 100 milyon ışık yılı uzaklıkta bir gökada düşünün. 14 milyar yıl içinde uzaklığı 200 milyon ışık yılına, bir 14 milyar yıl sonrasında da 400 milyon ışık yılına çıkacaktır. Yani eş uzunlukta her zaman diliminde gökadamız daha büyük adımlarla uzaklaşıyor, yani hızı giderek artıyor, yani ivmeleniyor. Dolayısıyla "evren aşağı yukarı sabit bir hızla genişliyor" ve "uzak gökadalardan hızla ıvmelenen bir hızla uzaklaşıyor" ifadeleri, birbirleriyle son derece tutarlı.

Eğer karanlık enerji, beşinci kuvvet gibi dinamik bir enerji türüyse, şansımız daha da yaver gidebilir: Dinamik alanlar, öteki alanlarla etkileşime girme eğilimindedir. Olduklarından sonuçta karanlık enerji o kadar da karanlık olmayabilir!.. Elektronun yükü gibisinden doğa sabitlerinin milyarlarca yıl boyunca değişim geçirip geçirmediğini gözleyerek karanlık enerjinin etkilerini araştırabiliriz.

Ayrıca, beşinci kuvvet alanları kuramsal olarak, bildiğimiz dört doğa kuvvetinin dışında, yeryüzündeki deneylerle araştırılabilecek yeni kuvvetleri ortaya çıkabilir (kurama göre değişik bileşimlerdeki maddelerin, beşinci kuvvet alanlarıyla etkileşimlerinden hafifçe farklı hızlarda düşmeleri gerekir). Tüm bu araştırmala-

rın ortaya çıkarabileceği inanılır bir bulgunun ne derece önemli olacağı açık.

Ancak, bunları yaparken, araştırmacıların tümüyle yanıtlanmış olabileceklerini de akıllarından çıkarmamaları gerekiyor. Belki de karanlık enerji diye bir şey yok ve olan, genel göreliliğin kozmolojik ölçeklerde geçerliliğini yitirmesi. Genel görelilik, çok çeşitli koşullarda, güneş sisteminden ikili atarca sistemlerine, evrenin ilk anlarındaki çekirdek tepkimelerine kadar çok sayıda sınavdan başarıyla çıktı. Ancak, çok büyük uzaklıklarda beklenmeyen bir etkinin olasılığı da göz ardı edilemez. Kuramcılar halen bu yolda modeller geliştirmeye uğraşırken, deneysel fizikçilerin de Einstein'ın olağanüstü başarılı kura-

mına uygulanacak kurnaz yeni testler hazırlıyorlar.

"Mantıksız" bir evrende mi yaşıyoruz? Tanıdık maddenin, karanlık maddenin ve karanlık enerjinin gözlenen karışımı fazla mantıklı görünmüyor. Ama kaçınılmaz olarak birileri de çıkıp diyor ki, "Hayır efendim!", "Evrenimiz hiç de mantıksız değil; yalnızca geliştirdiğimiz kuramlar evrenin söylediğini anlamakta yetersiz kalıyor". Tabii bu sözlerin sahipleri çok haklı. Evrenin mantıksız olduğunu söylemek yalnızca bir şaka. Bu evren, sahip olduğumuz tek evren ve bunu değer yargılarıyla etiketlendirmek doğru olmadığı gibi gizlerini kavramamıza da yardımcı olmuyor. Gökbilim gözlemlerinin böyle sürprizler ortaya çıkarması, sadece öğreneceğimiz daha çok şey olduğunu gösteriyor.

Fizikçiler korkusuzca yeni düşünceler ortaya atarken, geniş ve yeni bir dizi deneysel teknik, karanlık maddenin ve karanlık enerjinin sırları üzerine uygulanmaya hazırlanıyor. Araştırmacılar evrenin temel bileşimlerinin ne olduğunu ortaya çıkardıkları için haklı bir gurur duyabilirler. Ancak kutlamaların ölçüsünü de fazla kaçırmamak gerekiyor. Çünkü gelecek yıllar, evreni kavrayışımızdaki önemli açılımların yanı sıra yepyeni sürprizlerin de habercisi olacağı benziyor.

Carroll, S. "Dark Energy and The Preposterous Universe"
Sky & Telescope, Mart 2005
Çeviri: Raşit Gürdilek

Gelecekteki Deneyler

Önümüzdeki yıllarda gerçekleştirilecek deneyler, fizikçilere karanlık maddenin sırlarını çözmeye olanak sağlayabilir. Sağda, SüperNova İvmelenme Sondası (SNAP) adlı uzay aracının hayali çizimi görülüyor. SNAP uzak gökadalardaki Tip Ia süpernovaların yerlerini belirleyip, parlaklıklarını ve kırmızıya kayma düzeylerini ölçecek. Bu veriler, evrenin genişleme tarihini en ince ayrıntılarına kadar ortaya çıkarabilir. Sol Alttta, Avrupa'da 2007 yılında hizmete girmesi beklenen Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'na ait bir hızlandırma halkasının çizimi görülüyor. Aracın maddenin ve uzayın özellikleri konusunda önemli bulgular sağlayacağı umuluyor. Sağ altta, Washington Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bu deney gibi masaüstü deneyler, kütleçekiminin milimetreden daha küçük ölçeklerdeki davranışında Newton'un "Ters Kare Yasası"ndan sapmalar ortaya koyabilir. Fizikçilere göre böyle bir sonuç fazladan boyutların varlığına ve karanlık enerjide önemli bir role sahip olduklarını gösterebilir.

