SCIENTIFIC AMERICAN

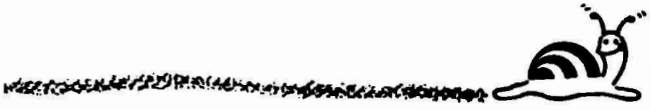
SARMAL

EVRENİN SIRLARI

PAUL HALPERN

Türkçesi: Prof. Fatma Esin

sarmal YAYINEVİ



GÜNDÜZ
Basım Yayım Dağıtım
Ticaret ve San. Ltd. Şti.

Evrenin Sırları
THE STRUCTURE OF THE UNIVERSE
Paul Halpern
Birinci Baskı: Mayıs 1999
© 1999 Kesim Ajans / İstanbul-Türkiye
Türkçe Yayın Hakları Gündüz Basım Yayım
Dağıtım Ticaret ve San. Ltd. Şti.'ne Aittir.
ISBN 975-B304-37-2

Türkçesi
Prof. Fatma Esin
Kapak Düzeni
Ender Öndeş
Baskı-Cilt
Kayhan Matbaası

SARMAL YAYINEVİ
Çatalçeşme Sk. Meriçli Apt. 52/3 Cağaloğlu - İstanbul
Tel: (0 212) 513 94 23 - 513 95 21 Fax: (0 212) 522 45 78

Paul Halpern

EVRENİN SIRLARI

Türkçesi
Prof. Fatma Esin

İÇİNDEKİLER

7 Önsöz

10 Giriş - Uzayın Sırları

17 BÖLÜM BİR - Gezegenlerin Gösterisi

33 BÖLÜM İKİ - Yıldızların Seyri

45 BÖLÜM ÜÇ - Şaşırtan Cisimler: Pulsarlar

55 BÖLÜM DÖRT - Kara Delik Sığınakları

65 BÖLÜM BEŞ - Galaktik Düzen

79 BÖLÜM ALTI - Zaman Tetiği

93 BÖLÜM YEDİ - Yaş Sorunu

99 BÖLÜM SEKİZ - Transgalaktik Köpük Banyosu

109 BÖLÜM DOKUZ - Boşluklardaki Hayaletler

120 BÖLÜM ON - Işık Gösterisi

129 SONUÇ

ÖNSÖZ

Sonoran Çölü'nün Mount Hopkins tepesindeki teleskop, Dünya'nın ne en büyük, ne de önemli keşifler yapmış teleskobudur. Fakat Harvard-Smithsonian Astrofizik Merkezindeki (AfM) meslektaşlarım bu teleskopla evren tarihinin ve yapısının anlaşılmasına büyük katkı sağlayan gözlemler yapmışlardır. Yaptıkları ve ortaya koydukları, ilk gece gökyüzüne baktıklarından beri, insanların merak ettikleri soruların yanıtlarına ışık tutacak niteliktedir.

John Huchra çok başarılı bir galaksi avcısı olarak bilinmektedir. Gözlediği galaksilerin çoğu sönük ışık lekeleridir; fakat Huchra, her nasılsa, bunların her biri ile yakın ilişki kurmayı başarır. Gözlenen her galaksi bir harita üzerine işleniyor ve yavaş yavaş yakın bölgemizdeki uzayda görünen madde dağılımı kendini gösteriyor.

Huchra ve arkadaşı Margaret Geller farklı kişiliktedirler fakat çok uyumlu çalışırlar. Huchra gözlem yapmayı sever; Geller ise planlama ve analiz yapmada üstündür. Beraberce evrenin anlaşılmasında önemli ölçüde etkili olmuşlardır. Bu ikiliden önce de, birçok defa evren haritası yapma girişimlerinde bulunulmuş fakat bunların hiçbiri etkili

bir sonuç vermemiştir. Geller bu kez galaksi haritası yapımına farklı bir görüşle girişti. Bütün gayretini ince bir tabakada yoğunlaştırdı. Sadece birkaç derece kalınlığında olan bu tabaka, gökkürenin etrafında, dörtte bir gökküreden daha uzun bir bölgede uzanmaktadır. Bu yöntemin yakın uzaydaki galaksi dağılımını en iyi gösterecek yöntem olduğuna inanmaktaydı.

Daha önce Rus biliminsanı Zel'dovich evren yapısı ile ilgili yeni bir model ileri sürmüştü; bu modele göre, madde önce, pankek adını verdiği, çok büyük boyutlu bölgelerde toplanıyor, sonra bu dev pankek bugün gözlediğimiz galaksilere bölünüyordu. Gözlediğimiz galaksiler, böyle bir öncü pankek'in varlığına ait kanıtlar göstermeli. Diğer taraftan Geller'in Princeton'da hocası olan Jim Peebles ise, önce galaksilerin oluşturduğu, sonra bunların daha büyük toplulukları meydana getirdiğini ileri sürmüştü. Geller'in galaksi istatistiğine ait çalışmaları, onu, Peebles'in haklılığına inandırmıştı. AfM çalışmalarının pankek modelini çürüteceği ve evrenin büyük-boyutlu yapıya sahip olmadığını göstereceği kanısındaydı. Huchra Mount Hopkins'de ilk altı ay içinde topladığı verileri ilkin Valerie de Lapperant'a verdi ve yapılan değerlendirmenin nasıl bir sonuç vereceğini beklemeye başladı. İlk sonuçlar kendisine gösterildiğinde çok şaşırdı. Çünkü, daha önceki çalışmalarında, kendisinin ve arkadaşlarının yanlış yaptığını anlamıştı.

AfM taramasını, bu defa daha sönük galaksileri ve bundan dolayı da daha uzak olanları (çünkü galaksi sönük görünüyorsa ya daha az parlak ya da uzaktadır) içerecek şekilde genişletti. Fakat daha önceki çalışmadaki sayının yarısı kadar galaksi ile yetinildi. Buna karşın incelenen galaksiler, gökyüzü boyunca uzanan, dar bir şerit içinde hapsedilmişlerdi. Sonuç bomba etkisi yaptı. Tarama evrenin bir kısmının boşluklardan oluştuğunu göstermekteydi. Galaksiler bu büyük boşlukları çevreleyen ince tabakalarda toplanmışlardı. En büyük boşluğun kenarları dikkat çekecek kadar keskindi; öyle ki, Peebles'in ileri sürdüğü gibi, çekim kuvveti ile kümeleşmiş olmaları olanaksızdı.

Lapperant, Geller ve Huchra 1986'da buluşlarını yayınladıkların-

da "köpük-yapı" büyük bir yankı yaptı. Daha önceki çalışmalar galaksi tabakaları ve boşlukların varlığını gizlemişti fakat ikinci AfM taraması bunları şüphe götürmez bir şekilde açıkça göstermekteydi. Bu dev boşluklar acaba nasıl oluştu? Evrenin tarihi ve geleceği hakkında bizlere neler anlatmaktadırlar?

Çağdaş astronominin keşiflerinden sadece biri olan evrenin köpük-yapısını Paul Helpern çekici ve okunmaya değer bu kitabında anlatmaktadır. Onun önderliğinde evren şekli ve tarihi ile ilgili buluşları keşfedecek, aynı zamanda evren geleceğinin ne olacağı sorusu ile tanışacaksınız. Verilen bilgiler ve gelişmeler on beşinci ve on altıncı yüzyıllarda seyyahların keşfettikleriyle mukayese edilebilir niteliktedir. Evrenin yaşı, doğuşu, geleceği, bir zamanlar Kuzey ve Güney Amerika kıtalarının keşfedilmesi gibidir. Günümüzde astronomlar, yuvamız olan evrenin kesin şeklini ortaya koymaya çalışmaktadırlar. Gerçekten benzeri olmayan bir çağı yaşamaktayız. Günümüzden yüzlerce yıl sonraki insanlar geriye baktıklarında, çağımızı, insanlık tarihinin en büyük keşifler çağı olarak niteleyeceklerine inanıyorum. Bu heyecan verici zamanı tanımak için, Paul Halpern gibi, bilgi dolu ve yardımcı olmaya hazır bir rehbere sahip olduğunuzdan şanslısınız.

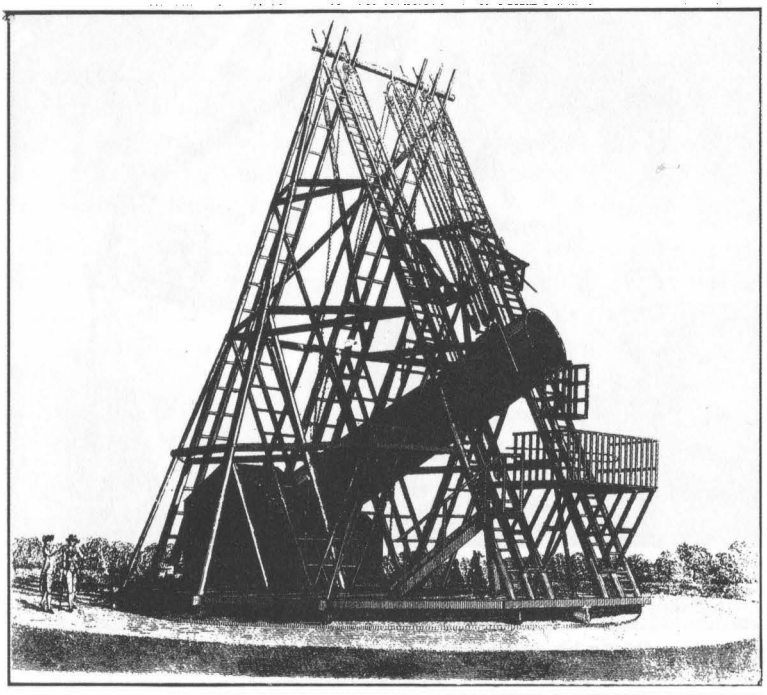
GİRİŞ

UZAYIN SIRLARI

Günün birinde uyandığınızda kendinizi, uçsuz bucaksız bir denizde ağır ağır yoluna devam eden koca bir gemide, çaresiz bir durumda bulduğunuzu düşünün. Etrafınızda, nasıl ve neden bu gemide bulunduğunuzu gösterecek hiçbir iz de bulunmamaktadır. Nedense, orada uzun zamandan beri yalnız başınıza olduğunuzu düşünürsünüz.

Gemi kabininin içinde etrafınıza bakar ve bir sürü yararlı eşya bulursunuz; bir dürbün, önemli ölçüde su ve yiyecek stoku, bazı araçlar ve diğer temel gereksinim nesneleri gibi. Bu yolculuğun uzun süreceğini anlayıp, dürbünü alır, güverteye çıkar ve bir kara parçasına ait izleri araştırmaya başlarsınız.

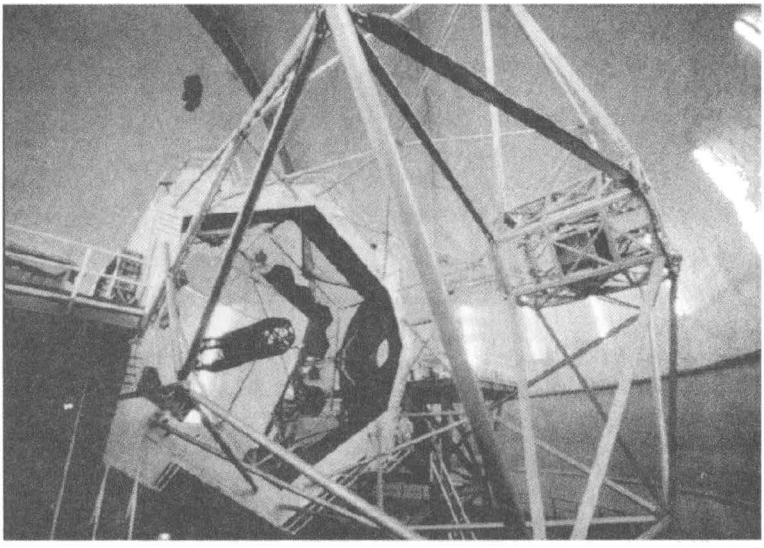
Dürbününüzle taradığınız okyanus, önce boş, çok geniş ve şekilsiz görünür. Fakat dürbününüzü daha iyi ayarlamayı başarırsanız,. etrafınızda yavaş yavaş uzak nesnelere ait işaretler fark etmeye başlar-



William Herschel'in 40 ayak büyüklüğündeki teleskobu, 1789

sınız. Durgun mavi yüzeyin orasında burasında kaya parçacıkları, mercan yığınları göze çarpar. Bunların şekilleri çok değişiktir; bazıları uzun ve pürüzlü, bazıları ise küçük ve düzgündür. Renkleri ise, kar beyazı ile simsiyah arasındaki her rengin değişik tonlarını taşır.

İlk bakışta bu yapılar su üzerinde rastgele dağılmış görünür. Fakat okyanusu daha dikkatle ve ayrıntılı bir şekilde tararsanız, bir düzenin varlığını açık seçik farkedersiniz. Örneğin bazı mercan yığınları, düzgün kıvrımlı uzun bir yol üzerinde sıralanmıştır; deniz üzerinde yılankavi bir şekil oluşturur. Aynı şekilde uzaktaki kaya parçacıklarının gerçekte bir adanın yüzeyine ve kenarlarına ait olduğunu fark



Hawaii'de, Mauna Kea yöresindeki Keck Teleskobu dünyanın en büyük teleskobudur.

edersiniz. Bütün bu görüntüler çevrenizdeki tekdüzeliği bozar.

Sonradan bulduğunuz yeni bir dürbün diğerinden daha güçlü olup, görüntüleri daha büyük ve daha net gösteriyorsa, bir öncekine göre daha uzağı tarayabilir ve daha önce gözden kaçırdığınız yeni nesneler gözleyebilirsiniz. Gözlediğiniz bazı kayaların aynı doğrultu üzerinde, örneğin doğu-batı yönünde sıralandığını fark edersiniz. Gözlediğiniz adacıklar da bir şekil oluşturmuşlar, gruplaşıp küme meydana getirmişlerdir. Bu kümeler de, kendi aralarında takımadalar oluşturup, bir gerdanlıktaki inciler gibi su üzerinde yayılmaktadır.

Haftalar boyu süren gözlemlerinizi sürdürdükçe, daha çok yapı işaretleri gözlersiniz. Binlerce tek ada, kayalardan oluşmuş bariyerler, ada zincirleri, ada zinrcirlerinden oluşmuş takımadalar vb. Artık etrafınızdaki deniz size, çıplak gözle gördüğünüz zamankinden çok farklı ve çok karışık görünür.

Sonunda, araştırmanız daha öteye gidemeyecek bir sınıra ulaşır. Fakat bu kez geriye birçok soru kalır. Örneğin deniz sonsuza kadar uzayıp gitmekte midir? Yoksa karalarla sınırlanmış mıdır? Etrafımızda gördüğümüz şekillerin kaynağı nedir? Adalar neden küme şeklinde gruplaşmışlardır ve kaya parçaları neden aynı doğrultuda sıralanmıştır? Bu sorulara yanıt bulmak epey bir zamanınızı alacaktır. Fakat üzülmeyin, düşünmek için yeterince zamana sahip olacaksınız.

Yelken açmış kozmik gemimiz, yani Dünya, uzayın geniş okyanusu içinde hızla yol alırken, şu anda tekneye oturmuş olan bizler, kendini okyanusun ortasındaki bir gemide bulan kişiye benzemekteyiz. Dünya ile aynı kaderi paylaşıyor ve bugün geçerli çekim kuvveti ile çabalayıp duruyoruz. Esas olarak tek başınayız; çünkü Dünya'nın en yakın komşuları, Venüs ve Mars milyonlarca mil uzaktadır. Ayrıca, üzerinde yaşam olduğu şüphesi taşıyan en yakın gezegen yüzlerce tirilyon mil uzaktadır.

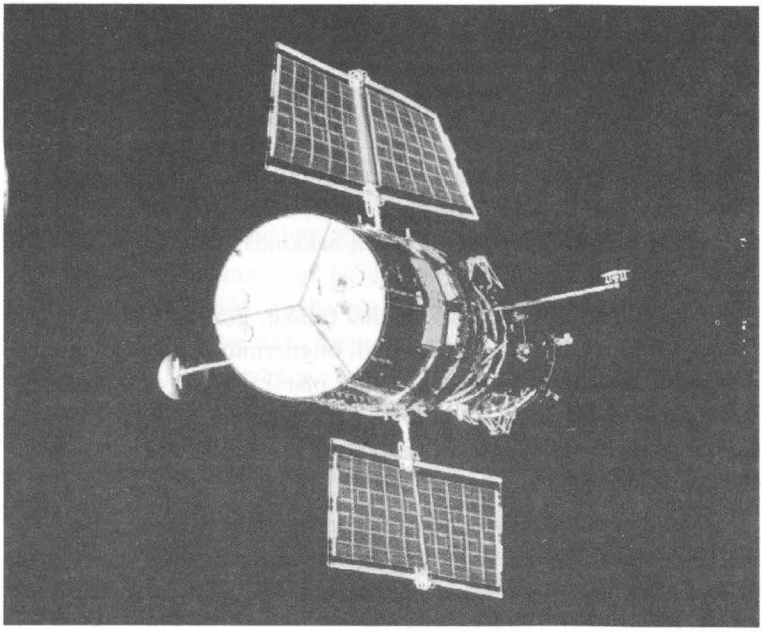
Bir gün insanlık yıldızlar arasında çok büyük uzaklıklara erişebilme yeteneğini geliştirecektir. Fakat o zamana kadar evrenin yapısı hakkındaki bilgi kaynağımız gökyüzünün taranmasından ibarettir. Tabii bu çok büyük bir sınırlamadır. Yine de, teleskoplar ve diğer görüntü araçları kullanılarak, uzayın yapısı hakkında pek çok şey öğrenilmiştir.

Evrenin görüntüsü değişmektedir. Çünkü, gözlem araçları geliştikçe, çevremizi kuşatan yapı ile ilgili bilgilerimiz gittikçe zenginleşmektedir. Önceleri evren küçük (rölatif olarak), statik ve anlaşılır kabul edilmekteydi. Şimdi ise çok büyük, değişebilir ve birçok bakımdan anlaşılmaz olduğu düşünülmektedir. Bu değişim insanı şaşırtacak büyüklüktedir.

Daha iyi optik araçların gelişimi sonucu, uzay şeklini ortaya koyma girişimlerinde, tarihsel açıdan üç büyük devrim yer alır. İlki on yedinci yüzyılda Galileo (tabii diğerleri de var) tarafından ortaya konur ve Dünya, gökcisimlerinin merkezi kabul edilen, köklü, antik yerinden zorla sökülüp çıkarılır. Galileo ilk teleskobunu yıldızlara ve gezegenlere yöneltip, onları ayrıntılı şekilde gözler önüne serdi ve

Dünya'mızın uzayda çok küçük bir yer işgal ettiğini ispatladı. On sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıllarda gökyüzünü tarayan ve gittikçe daha ayrıntılı, yıldızlarla beneklenmiş uçsuz bucaksız evren haritaları geliştiren astronomlar Galileo'nun buluşlarını sağlamlaştırdılar.

Sonra, yirminci yüzyılın başlarında, evren görüşünde bir diğer devasa değişiklik meydana geldi. Bu değişikliği, Los Angeles yakınlarında bulunan Mount Wilson'daki Hooker teleskobuna ve böyle güçlü diğer gözlem araçlarının gelişmesine borçluyuz. Burada Edwin Hubble, daha önce bazı astronomların düşünce olarak ileri sürdükleri şeyi ispatladı: Uzayda yıldızlar tek başlarına değil, yer yer, galaksi adı verilen büyük yıldız toplulukları içinde bulunurlar; yani gruplaşmışlardır. Kendi galaksimiz olan Samanyolu da böyle gruplardan sadece bi-



Hubble Uzay Teleskobu 1990 yılı Nisan ayında fırlatıldı.

risidir. Hubble daha sonra galaksilerin merkez bölgelerinin uzayda birbirlerinden uzaklaşacak şekilde, çok büyük hızlarla hareket ettiklerini de buldu.

Daha sonraları, bu ve diğer bulgulardan hareketle, bilimadamları bir zamanlar evrenin uzayda çok küçük bir yer kaplayan, küçük bir benek şeklinde olduğu ve bu küçücük beneğin, Büyük Patlama adı verilen bir "patlama" ile genişlemeye başladığı sonucuna vardılar. Astronomların çoğu bu olayın 15 ile 20 milyar yıl önce meydana geldiği kanısındadırlar. Bu tarih en yaşlı yıldızların yaşam sürelerine yetecek kadar uzundur.

Bugün, yirmi birinci yüzyılın eşiğinde, üçüncü bir devrim patlamak üzeredir; öyle ki, belki Büyük Patlama modelinin yeniden gözden geçirilmesine önderlik edecektir. Bu yeniden yapılanma için kritik sonuçlar ortaya koyacak teleskoplar da oldukça farklıdır. Bunlar Hawaii'de yer alan Mauna Kea'daki geniş tabanlı dev Keck teleskobundan, uzaya fırlatılan çeşitli araçlara kadar uzanan bir yelpaze oluşturur. Uzaya fırlatılan araçlar ise, Hubble Uzay Teleskobu gibi çok büyük teleskopların yanı sıra balonlar, radyo çanakları vb. gibi araçlardır.

Bu ışık kayıt edici araçlar uzay hakkında garip ve zaman zaman da çelişkili bilgiler vermektedir. 1994 yılında Wendy Freedman ve Kaliforniya, Pasedena'daki bazı arkadaşları evrenin yaşını ölçmek için Hubble Teleskobunu kullandılar. Uyguladıkları yöntem, Virgo Kümesi olarak bilinen bir grup galaksinin Dünya'ya olan uzaklığını ölçmek ve sonra, bu bilgiyi kullanarak, evren genişlemesinin günümüzdeki hızını bulmaktı. Buldukları genişleme hızından yararlanarak, Büyük Patlama'nın ilk "patlamasından" beri geçen süreyi hesapladılar. Beklenmedik bir şekilde, evrenin oldukça genç olduğunu gösteren kanıtlar buldular; onların hesaplarına göre evren 8 ile 12 milyar yıl yaşında. Oysa bu değer birçok yıldızın yaşından daha küçüktür. Şimdi araştırmacılar evren modellerini geliştirmek ve bu çelişkiye yanıt verebilecek şekle ulaştırmak için uğraşmaktadırlar. Bugün yaş sorunu -üzerinde uzlaşmak olanaksız gibi görünen astronomik zaman ölçeği- kozmolojinin en önemli tartışma konularından biri olmuştur.

Tabii başka konular da var. Uzay boyunca, kozmik köpükler, duvarlar ve boşluklar gibi muazzam yapılar keşfedilmiştir. Galaksilerin merkezlerinde kara delikler bulunmuş ve galaktik çevrelerinde, bileşimleri bilinmeyen MACHO'lar (büyük kütleli yoğun halo cisimleri) görülmüştür. Bilimadamlarının tahminlerine göre, evrendeki galaksi sayısı 10 milyardan 50 milyara çıkarak, beş kat artmıştır. Ayrıca son birkaç yıl içinde, evrenin büyük bölümünün ışık vermeyen maddeden oluştuğu açıklık kazanmıştır. Evren maddesinin büyük çoğunluğunun görünmez olduğu söylenseydi, eski zaman astronomlarının ne diyeceklerini tahmin etmek oldukça güç olurdu, değil mi?

Babil astrolojisinden modern astrolojiye, ustulop'dan Hubble Uzay Teleskobu'na ve Pisagor'dan Wendy Freedman'a uzanan yol, hiç kuşkusuz uzun ve zorluklarla doludur. Yol boyunca birçok dolambaç ve aykırılıklar bulunur. Bundan dolayı evrenin yapısı hakkında çağdaş kavramları tartışmadan önce, işi kozmoloji tarihinin en başından ele alalım ve atalarımızın evren şeklini ortaya koymak için işe nasıl başladıklarını anlamaya çalışalım.

BÖLÜM BİR

GEZEGENLERİN GÖSTERİSİ

Gezegenler eski çağlardan beri bilinmekle beraber, onları ilk keşfedenin kim olduğu belli değildir. (Gezegen adı eski Yunanca'dan kaynaklanır ve gezgin anlamına gelir.) Gezegenlerin keşifleri için şöyle bir senaryo kurulabilir; Bu senaryo gökyüzünü gözleyen birinin gezegenlerin "sabit yıldızlardan" farklı davrandıklarını fark etmesi ile başlar. Diğer yıldızlar, birbirini izleyen geceler boyunca, birbirlerine göre konumlarını bozmadan hareket etmelerine karşın, gezegenler tamamen bağımsız bir yol izlerler. İşte bu gerçeği gören ve buna dikkat çeken ilk kişi, gezegenleri keşfeden kişi olarak kabul edilebilir.

Bu fark herhangi bir yıldızın veya takımyıldızın, örneğin Büyük Ayı'nın izi sürülüp, izlediği yol saptanarak, rahatlıkla görülebilir. Bu takımyıldızın izlediği yol (en azından yüzyıllar boyunca) diğer yıldızlara göre sabittir. Halbuki gezegenler, örneğin Mars ve Jupiter gökyüzü üzerinde diğer yıldızlara göre yerlerini değiştirirler. Eğer kuzey

yarımküre üzerindeki herhangi bir şehirde durup, gökyüzüne bakarsanız Büyük Ayı takımyıldızının daima aynı yıldızlarla kuşatılmış olduğunu görürsünüz. Halbuki Mars ve Jupiter hem diğer yıldızlara göre, hem de birbirlerine göre sürekli olarak konumlarını değiştirirler. Herhangi bir tarihte birbirlerine çok yakın olan bu gezegenler birkaç ay sonra birbirlerinden çok uzaklaşmış olarak gözlenirler.



Yunan düşünürü Pisagor evrenin düzenini bir müzik gamına benzetmektedir.

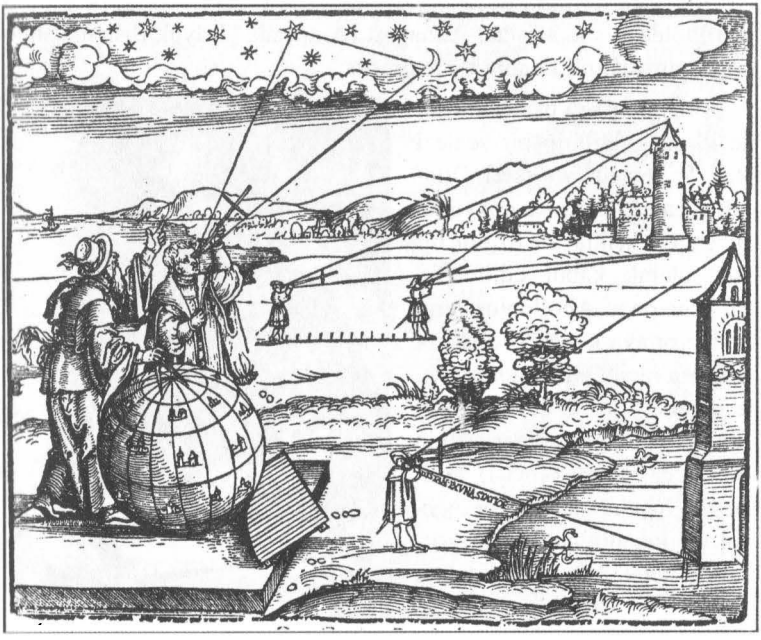
Eski çağ medeniyetlerinde gezegenlerin rölatif konumlarının Dünya üzerindeki olayları etkilediğine inanılırdı. Gezegenlerin hareketleri analiz edilerek yorumlanır ve bu yorumlara göre, (savaş, yangın, sel, kıtlık gibi) felaketlerin önceden bilineceği sanılırdı. Bu nedenle eski astrologlar gezegen hareketlerini dikkatle izleyip, not etmişler ve bunları özenle saklamışlardır.

Özellikle iki veya daha fazla gezegenin birbirlerine çok yakın konuma gelmesi çok önemli olayların işareti olarak kabul edilegelmiştir. Çok ender bir durum olan birkaç gezegenin bir doğrultu üzerinde sıralanmasının eski astronomlar tarafından saptanmış olmasını bu inanışa borçluyuz.

Gezegen hareketleri ile ilgili ayrıntılı bilimsel çizimler MÖ altıncı ve dördüncü yüzyıllar arasında Yunanlılar tarafından geliştirilmiştir. O zamanlar Pisagor, Platon ve Aristoteles gibi düşünürler gezegenlerin (Güneş,Ay ve yıldızların yanı sıra) peryodik olarak Dünya etrafında dairesel hareket yaptıklarını tasavvur etmekteydiler. Pisagor ve Platon, müzikal gam'a benzeyen bu ritmik davranışı doğanın matema-

tiksel ritmine bağlarken, Aristoteles gök cisimlerinin hareketlerinin bir yaratıcı tarafından başlatılmış, kusursuz işleyen bir fizik düzen olduğu görüşündeydi. Aynı şekilde Pisagor ve Platon kozmolojilerine (evren yapısına) bazı metafizik bileşenler katarken, Aristoteles temel olarak bunu yapmamıştır. Fakat yine de hepsi ortak bir görüşte birleşmekteydiler; bu, evrenin, merkezinde Dünya bulunan, aynı merkezli, mükemmel daireler serisinden oluştuğu görüşüdür.

Gezegen hareketlerine ait bu eski geosentrik (Dünya-merkezli) modellerin bugün doğru olmadığı bilinmektedir. Bu modellere göre her gezegen, Dünya'nın etrafında dolanırken düzgün bir dairesel yörünge çizer. Fakat gerçekte gezegenin görünen hareketi bu görüşe her zaman uymaz; çünkü uzayda tek yönlü bir hareket izlemez. Sık sık hareket yönünün değiştiği görülür; ileri doğru giderken, geri hareket.



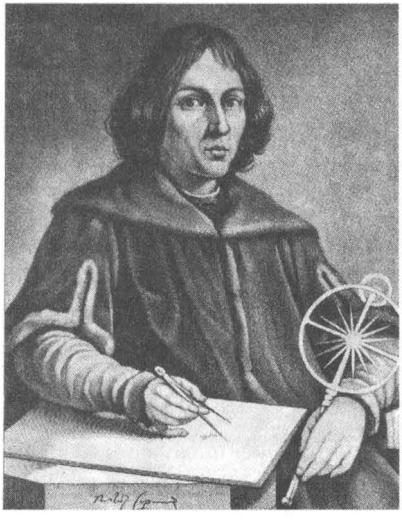
1533'de Astronomi

sonra tekrar ileri hareket gibi. Bu yön değiştirme peryodik olarak tekrarlandığından, basit dairesel yörünge kuramı böyle bir hareketi açıklayamaz.

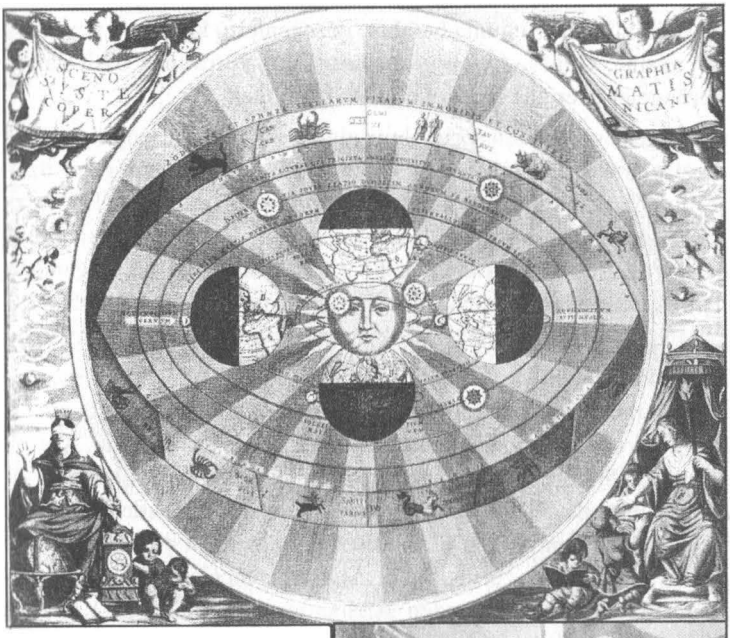
Retrograt hareket olarak isimlendirilen bu olayı açıklamak için Yunan öğretisine bağlı "Apollonius of Perga" isimli biri M.Ö. üçüncü yüzyılda karmaşık bir gezegen modeli geliştirdi. Bu modele göre gezegen uzayda, bir taraftan ilmek adı verilen küçük daireler üzerinde hareket ederken, bir taraftan da Dünya etrafındaki dairesel yolunu sürdürür. Bu iki dairesel hareketin bileşimi, bu modele göre, peryodik yer değişiminin nedenidir.

Astronomideki eski çağlara ait bu Yunan görüşü Avrupa ve Kuzey Afrika'da asırlarca, Ortaçağ'ın sonlarına kadar hükmünü sürdürmüştür. Bu konu ile ilgili düşünce ve bilgiler MS ikinci asırda İskenderiyeli Ptolemeus tarafından Almagest (Arapçada "Büyük Sistem" anlamına gelir) isimli kitapta toplanmıştır.

Kendine özgü bazı görüşler ile klasik bilgilerin bir sentezi olan Ptolemeus'un eseri Ortaçağ bilimadamlarınca gökyüzünü en iyi açıklayan özgün bir eser olarak kabul edilmiştir. Bu eser önce Apollonius tarafından ortaya konan geosentrik gezegen modelini benimsemekle beraber, bu modele dışmerkezlik (yörüngenin merkezinin Dünya'dan farklı olması) ve ilmeğin hareket ettiği yörüngenin merkezinin sapmasını gösteren geometrik büyüklükler eklenmiştir. Bu karmaşık sistem ile gözlenen gezegen hareketlerini temsil



Polonyalı astronom Nicholas Kopernik (1473-1543)



Kopernik'in Güneş-merkezli sisteminde Güneş evrenin merkezindedir.



Alman astronomu Johannes Kepler (1571-1630) gezegen hareketlerine ait Kepler yasalarını ortaya koymuştur.

etmek mümkündür. Bununla beraber, gezegenlerin karmaşık yörüngelerinin aksine, Güneş, Ay ve yıldızların Dünya etrafında basit dairesel yörüngeler üzerinde hareket ettikleri görülmektedir.

Ptolemeus görüşünün etkisi ile yüzlerce yıl Dünya evrenin fiziksel merkezi olarak kabul edilegelmiştir ve etrafı karışık yörüngeler üzerinde dolanan cisimler dizisi ile kuşatılmış varsayılmıştır. Bu, kozmolojik düşüncede çok önemli devrimsel bir düşüncenin yer aldığı Rönesans'a kadar sürmüştür. Kozmolojik düşüncedeki bu olağanüstü değişiklikte Dünya tahtından indirilmiş, yerine Güneş oturtulmuştur. O zamandan beri gezegenimiz artık evrenin merkezi olma, dolayısı ile evrende çok önemli bir yer tutma özelliğini yitirmiştir.

Güneş-merkezli kozmolojinin ilk önemli taraftarı on altıncı yüzyıl Polonya astronomlarından Nicholas Kopernik (Copernicus)dir. Kopernik ilkin, büyük bir özenle, bir nakış gibi işlenerek ortaya konan Ptolemeus sistemi ile, Platon'un basit daireler sistemi üzerinde uzun uzun kafa yorduktan sonra, ikisi arasındaki uyumsuzluğu çözebilmek için başka bir kaynağa başvurup, bu kaynağın düşüncelerini hayata geçirdi. Bu, Yunan düşünürlerinden Aristarchus tarafından MÖ üçüncü asırda yazılmış olup, fazla bilinmeyen bir kaynaktır ve Dünya'nın Güneş etrafında döndüğünü ileri sürmektedir.

Kopernik Güneş-merkezli sistem hakkında uzun uzun düşündükten ve yıllarca süren dikkatli hesaplar yaptıktan sonra 1543 yılında en önemli eseri olan Gök Kürelerinin Dönmesi isimli eserini yazdı. Ölümünden kısa bir süre önce basılan eserinde Dünya ve diğer bilinen beş gezegenin Güneş etrafında basit dairesel yörüngeler üzerinde hareket ettikleri görüşünü ileri sürdü. "Sabit" yıldızların görünümünü, onların, merkezinde Güneş olan ve gezegenlerin dışında kalan bir küre yüzeyi üzerinde bulundukları şeklinde açıkladı. Son olarak da Ay'ın Dünya etrafındaki bir yörüngede dolandığını belirtti.

Kopernik sistemi, kilise tarafından kiliseye karşı yapılmış bir hareket olarak kabul edildi ve doğal olarak uzun yıllar bilim üzerine gölge düşürülmüş oldu. Çünkü Hıristiyanlık öğretisi Dünya'nın fiziksel

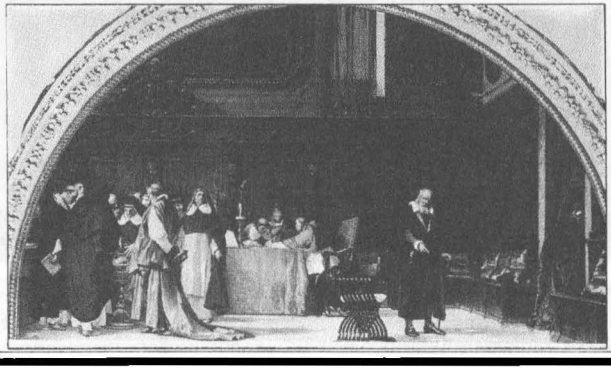
Galileo'nun Yargılanması

Galileo'nun İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Konuşmalar isimli eserindeki düşünceleri insanlığın evren hakkındaki görüşünü ebediyen değiştirmeye yönelik olup, kâinatın merkezinin Dünya olduğuna ilişkin yanlış bilgiyi yok ediyordu. Fakat İtalya'daki kilise yetkililerine göre bu, dini inanışlara aykırı bir düşünceydi. Bundan dolayı kendisine 1616'da Kopernik düşüncelerini tartışmaktan vazgeçmesi emredildi. Bu emre uymaması üzerine de 1633'de engizisyon önüne çıkarıldı.

Tarihçiler arasındaki genel kanıya göre, eğer Galileo Dünya-merkezli kozmolojiye dayanan sistemi açıkça küçük gören bir davranış göstermemiş olsaydı, bağışlanabilecekti. Ne yazık ki o, düşüncelerinden taviz vermemiş, üstelik güçlü muhaliflerini "zihinsel özürlüler", "sersem aptallar" ve "insan olarak çağrılmayı hak etmemişler" olarak tanımlamıştır. Doğal olarak da kiliseyi daha fazla kızdırmıştır.

Fakat duruşmada paniğe kapılan Galileo, Kopernik'in yazdıklarını savunmak yerine, onları çürütme yoluna gitmiştir. Engizisyon heyeti Galileo'nun inkâr etmesine güçlükle de olsa inanmıştır. İnandıklarının en iyi delili onu sadece ev hapsine mahkûm etmiş olmalarıdır. Sonuç olarak Galileo, bazı okurların kitabını Kopernik sistemi taraftarı gibi anlayabileceklerini kabul ettiğini ifade etmiş ve yaptığı "yanlışlar" için özür dileyip, kitabını düzeltmeyi önermiştir.

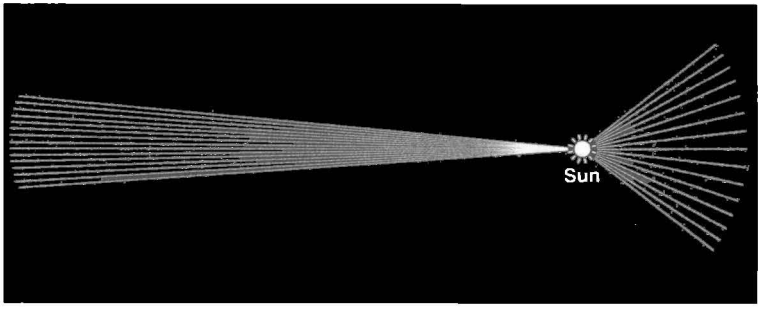
Galileo'nun bu alçakgönüllülüğü karşısında engizisyon son bulmuştur. Yaşamının son yıllarını Arçetri'deki evinde geçiren Galileo bir daha asla kozmoloji konusunda yazmamıştır. Ölümünden 350 yıl sonra, 1992'de Papa John Paul II. tarafından itibarı geri verilmiştir.



ve ruhani alemde tek olduğunu kabul ettiğinden, kilise de geometrik bakış açısından, kendini Aristoteles kozmolojisine göre şartlandırmıştı. Kopernik Dünya'yı diğer gezegenlerle eşit konuma sokarak, onun fiziksel alemde gezegenlerle aynı olduğunu söylemiş oluyordu. Bu da, kozmolojide Dünya'nın önemli bir yere sahip olma özelliğini ortadan kaldırıyordu. Tabii kilise için bunu kabul etmek olanaksızdı; bu nedenle Kopernik'in yazdıkları ayıplandı ve reddedildi.

1584 yılında İtalyan düşünürlerden Giordano Bruno, kiliseye meydan okuyarak, Kopernik'in evren görüşünün doğruluğuna inandığını gösteren *Sonsuzluk, Evren ve Dünya* isimli bir kitap yayınladı. Bruno, Kopernik'den bir adım daha ileri giderek, Güneş'in etrafında hareket eden gezegenler sistemi gibi, her bir yıldızın etrafında da böyle bir sistem olduğunu ileri sürdü. Böylece, evrende yıldız ve gezegen sayısının sonsuz olduğunu işaret etmiş oldu. Bununla beraber iddiasının doğruluğunu somut kanıtlar yerine, daha çok ruhani delillere dayandırmaktaydı. Tabii kilise Bruno'nun düşüncelerine Kopernik'e olduğundan çok daha düşmanca yaklaştı. 1600 yılında, düşünceleri kiliseninkilere aykırı olduğu için Bruno bir sırığa bağlanarak Roma'da yakıldı.

Kopernik ve Bruno'nun iddiaları deneysel kaynaklı olmayıp, düşünceye dayanmaktaydı. Her iki düşünür de Dünya'nın ve gezegenlerin



Burada Kepler'in eşit alanlar yasası temsil edilmektedir. Gezegenler odaklarından birinde güneş olan bir elips yörünge üzerinde hareket ederken, eşit zaman aralıklarında eşit alanlar süpürürler.

Güneş etrafında dolandığını kesin bir şekilde ispatlamamışlardı; görüşlerinin kabul görmesi için gözlemsel kanıtlar gerekiyordu. Ayrıca, gezegen hareketlerinin nasıl olacağını önceden ve ayrıntılı bir şekilde gösterebilmek için, bu hareketlerin matematiksel ifadesi de bilinmeliydi. Bunların da ötesinde, Dünya ile etkileşmeyi de içine alacak şekilde, gezegen hareketlerini belirleyen kuralların dayandığı yeni fizik yasalar ortaya konmalıydı. İşte bu gereksinimler on yedinci yüzyılda Galileo, Kepler ve Newton tarafından art arda ortaya konan deneysel ve kuramsal yeni bilgilerle sağlandı.

1564'de Pisa'da doğan Galileo Galilei daha gençliğinde bilimsel çalışmaları ve verimliliği ile dikkat çekmişti. Pisa Üniversitesi'nde öğrenim görürken, bir taraftan da birçok önemli keşifte bulunmuştur. Bunlardan bir tanesi sarkaçla ilgili olandır ve belli uzunluktaki bir sarkacın, denge noktasına olan uzaklığına bağlı olmasının, sabit bir hızla salındığı gerçeğini ortaya koyar. (Söylentilere göre, farklı kütleye sahip iki cismin aynı hızla düştüğünü gösteren yerçekimi deneyini de Pisa'daki bir kulede gerçekleştirmiştir.)

1592'de Pisa Üniversitesini bırakan Galileo Padua Üniversitesi Matematik bölümüne şef olarak atandı. Bu tarihten itibaren geçen 18 yıl yaşamının en verimli çağı olmuştur. Hareketli cisimlerin dinamiği ile ilgili çalışmaları onu çok ünlü bir kişi yapmıştır. Fakat onun bilim dünyasındaki asıl önemi astronomideki buluşlarıdır.

Galileo kendi yapısı olan oldukça ilkel bir teleskopla, o zamana kadar gözlenmemiş gökcisimlerini hem gözlemiş, hem de onların görünüm ve davranışlarının şeklini ortaya koymuştur. Ay yüzeyindeki dağları, Jupiter'in etrafında dolanan uyduları keşfetmiştir. Yüzlerce yeni yıldız gözleyebilmiş, Venüs'ün safhalarını, Güneş lekelerinin hareketini ortaya koymuştur. Buluşları Yıldız Habercisi isimli bir kitapta 1610'da yayınlanmıştır.

Galileo'nun kapsamlı araştırmaları, gözlenen gezegenlerin ve Ay'ın Dünya ile birçok ortak özellik taşıdığı gerçeğini ortaya koymuştur. Bu gerçekten hareketle, bu gökcisimlerinin (az veya çok) birbirlerine benzediklerini ve her birinin fiziksel olarak bir dünya olduğu

sonucuna varmıştır. Bu "demokratik" durumun olaylarını, Ptolemeus ve Aristoteles görüşüne göre, Kopernik'in Güneş-merkezli modelinin çok daha iyi açıklayacağını anlamıştır. Böylece 1632'de yayınlanan *İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Konuşmalar* adlı kitapta Kopernik görüşünü desteklediğini açıkladı. 1642'de öldüğünde, yazdığı kanıtlar etkisini göstermeye ve Avrupa'daki astronomi çevrelerinde Dünya'nın Güneş etrafında döndüğüne ilişkin görüş, inanılırlık kazanmaya başlamıştı.

Alman biliminsanı Johannes Kepler de Galileo gibi Kopernik kozmolojisine inanan ve onu savunanlardan biridir. Ayrıca Galileo'nun aksine, düşüncelerini açık bir şekilde ifade etmiş ve ifade ettiği inançlarından asla vazgeçmemiştir.

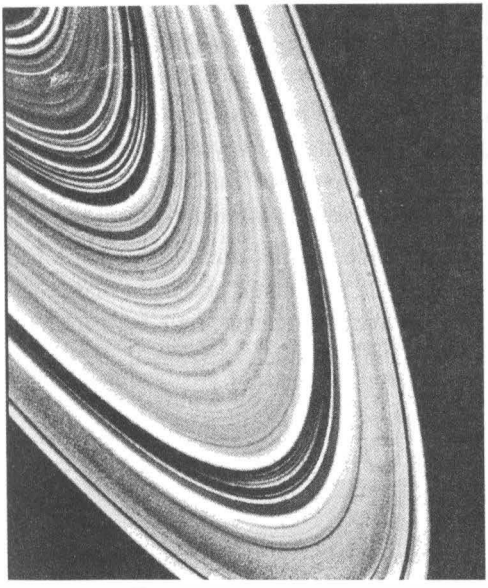
Kepler 1571'de Almanya'nın Weil der Stadt kasabasında doğmuştur. İlahiyat ve matematik öğrenimi gördükten sonra 1601'de Prag'da kraliyet matematikçisi olan Tycho Brahe'nin yerine geçme şansına sa-

Onuncu Gezegen Olabilir mi?

Güneş gezegeninde gözden kaçmış onuncu bir gezegen olabilir mi? Bu soruya olumlu yanıt olası görülmemektedir. Güneş etrafındaki gezegenler sistemi, hemen hemen kesin bir şekilde, Pluto ile son bulmaktadır.

Bununla beraber güneş sistemi Pluto yörüngesinin ötesinde çok sayıda cisim içerir. Fakat bunlar gerçek anlamda gezegen olarak tanımlanamazlar. Böylesine uzağa atılmış bu cisimler kuyrukluyıldızlar, asteroidler ve herhangi cins kalıntılardır. Gezegen olarak kabul edilemeyecek kadar küçüktürler ve yörüngeleri düzensizdir.

Güneş sisteminin dış kısımları birçok defa fotoğrafik olarak taranmıştır. Bu taramaların hiçbirinde onuncu gezegenin varlığını işaret eden bir bulgu bulunamamıştır. Nihayet 1983 de, (IRAS) olarak bilinen Morötesi Astronomi Uydusu (Infrared Astronomy Satellite), morötesi ışık alıcıları ile hemen hemen bütün gökyüzünü inceden inceye taramış ve böyle bir cismin izine rastlamamıştır. Eğer gerçekten keşfedilmeyi bekleyen böyle bir gezegen varsa, ya çok karanlıktır ya çok uzaktadır ya da her iki özelliğe de sahiptir.



Satürn gezegeninin halka sistemi. Güneş sisteminde halkası olan gezegenler Jupiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'dür.

hip olmuştur. Brahe daha önceden çıplak gözle onlarca yıl süren, çok dikkatli gözlemlerle gezegenlerin konumlarını ölçmüştü. Kepler Brahe'nin yerine geçmekle bu değerli ölçümleri kullanmak ve değerlendirmek şansını da kazanmış oldu.

Gezegen hareketlerinin Kopernik'in tarifine uyduğunu göstermek amacı ile Kepler, bu değerli veriyi analiz edip, yıllarca üzerinde çalıştı. Özellikle Mars'ın Güneş etrafında dairesel bir yörüngede hareket ettiğini gösterebilmek için durmadan çalıştı, çabaladı. Fakat ne kadar çalışırsa çalışsın, Brahe'nin değerleri dairesel bir yörünge göstermiyordu. Fakat başka bir şey, Mars yörüngesinin geometrik olarak tarif edilen ve elips adı verilen bir şekle uyduğunu keşfetti. Elips, kesin bir şekilde belirtilmiş matematiksel özellikleri olan oval-biçimli bir geometrik şekildir. Özellikle, odak adı verilen içindeki iki nokta ile belirlenir. Bir elipsin üzerindeki her noktadan bu iki odak noktaya olan uzaklıkların toplamı sabittir. Çalışmalarını sürdüren Kepler bilinen gezegenlerin her birinin, odaklarından birinde Güneş bulunan birer elips yörünge üzerinde hareket ettiklerini saptadı. Böylece Güneş sistemindeki cisimlerin aynı merkezli daireler üzerinde değil, odaklarından birinde Güneş bulunan elips yörüngeler üze-

rinde dolandıkları ortaya konmuş oldu.

Kepler'in buluşu gezegenlerin nasıl hareket ettiklerini matematik olarak çok güzel bir şekilde açıklamakla beraber, bu şekilde hareket etmelerinin nedenini açıklamıyordu. İşte bu görevi, yani, gezegenlerin neden odaklarından birinde Güneş olan elips yörüngeler üzerinde hareket ettiklerinin nedenini araştırmayı, tüm zamanların en büyük biliminsanı olarak kabul edilen Isaac Newton üstlendi.

İngiltere'nin Woolsthorpe şehrinde, Galileo'nun öldüğü yıl doğan Newton, Cambridge Üniversitesi'nde matematik profesörü olarak geçirdiği uzun bilimsel kariyeri boyunca matematik, fizik ve astronomi dallarında temel oluşturan çok önemli makaleler yazmıştır.

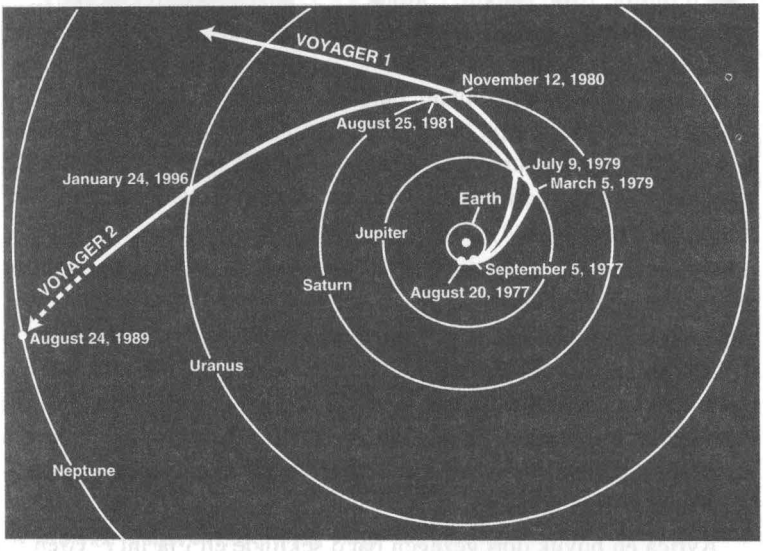
Newton evrensel çekim yasası ile ünlüdür. Söylentilere göre, ağaçtan bir elmanın düştüğünü gördüğü zaman, nedenini düşünüp, yerçekimi ile ilgilenmiş ve cisimlerin her biri üzerine uyguladıkları çekim kuvvetini araştırmaya başlamıştır. Hemen, elmayı Dünya'ya çeken çekim kuvvetinin, aynı şekilde Ay'ı Dünya'ya, Dünya'yı da Güneş'e doğru çekmesi gerektiği gerçeğini fark etmiştir.

Newton *Principia* adlı eserinde, hareketli cisimlere ait diğer dinamik yasaları ile beraber, genel çekim yasasını da açıklamaktadır. Bu kitapta, gezegenlerin Güneş etrafındaki eliptik yörüngelerinin basit bir matematiksel denklemle gösterilebileceği ispatlanmaktadır. Genel çekim yasası çekimler arasındaki çekimsel kuvvetin aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğunu verir. Başka bir deyişle, cisimler ne kadar yakınsa, çekimsel kuvvet aralarındaki uzaklığın karesi kadar daha kuvvetlidir. Belli bir gezegenin Güneş'le etkileşmesine, evrensel çekim yasası, *Principia*'da verilen hareket yasaları ile birleştirilip, uygulandığında, gezegenin, bir odağında Güneş bulunan, basit bir elips üzerinde hareket edeceği ortaya çıkar.

Newton yasaları ayrıca kozmoloji bilimini de değiştirmiştir. Daha önce evren hakkındaki çalışmalar metafizik olaylara bağlı olarak ele alınıyordu. Eski bilimadamları yıldızların ve gezegenlerin hareketlerini matematik esaslara göre belirleyemediklerinden, bu konuda sezgi

ve iman güçlerini kullanmak zorunda kalıyorlardı. Newton kozmolojisinde ise dini yardıma ihtiyaç yoktur. Bu kozmoloji, her bir bileşenin diğerleri ile etkileşmesinin kesin matematiksel denklemlerle belli olduğu bir görüşü içine alan evreni ifade eder.

Newton zamanından beri astronomlar üç yeni gezegen daha keşfetmişlerdir: Uranüs, Neptün ve Pluto. Diğer altı gezegen gibi bunlar da kabaca eliptik yörüngelerde hareketlerini sürdürürler. Bununla beraber bilimadamları izlenen yörüngenin tam bir elips olmadığını bilmektedirler. Çekim yasasına göre, gezegenler sadece Güneş'in çekim etkisinde değildirler; diğer gezegenlerin de etkisindedirler. Bundan dolayı her bir gezegenin izlediği yol bütün hepsinin çekimsel etkisinden etkilenmektedir. Gezegenler birbirlerine en yakın konuma geldiklerinde karşılıklı çekim en kuvvetli değerlerine ulaşır ve gezegen yörüngesi "salınımlar" gösterir.



1977'de Voyager I ve Voyager II uzaya fırlatıldı. Her ikisi de güneş sisteminin dış kısımları hakkında çok önemli bilgiler ve daha önce yakalanmamış uyduların varlığına ait somut kanıtlar ortaya koydu.

Salınımların varlığı ise, günümüz astronomisinde bilinmeyen gezegenlerin keşfini sağlar. 1781'de William Herschel'in Uranüs'ü keşfetmesinin ardından, iki bilim adamı -Fransa'da Urbain J.J. Leverrier ve İngiltere'de John Couch Adams- birbirlerinden habersiz bu gezegenin yörüngesinde bazı düzensizlikler olduğunu fark etmişler ve bunların görünmeyen bir gezegenin etkisinden kaynaklanacağını düşünmüşlerdir. Gerçekten de bugün bu düzensizliklerin Neptün gezegeninin etkisi ile meydana geldiği bilinmektedir ve Neptün ilk olarak 1846 yılında Johann Gottfried Galle tarafından görüntülenmiştir. Neptün Uranüs'e her yakın oluşunda, bu gezegen üzerine daha kuvvetli bir çekim etkisi yapar; uzak olduğunda ise çekim etkisi zayıftır. Böylece Neptün'ün etkisi ile Uranüs'ün Güneş etrafındaki yörüngesinde hafif düzensizlikler ortaya çıkar.

Pluto'nun Clyde William Tombaugh tarafından keşfi de benzer şekilde olmuştur; yani Neptün yörüngesinde gözlenen düzensizliklerden hareket edilerek, bir diğer gezegenin etkisi olacağı düşünülmüş ve bu gezegen araştırılmıştır. Böylece dokuzuncu gezegen yörüngede keşfedilen düzensizliklerin ilhamı ile gerçekleşmiştir. Çünkü bu ilham ile Tombaugh gökyüzünü büyük bir dikkatle, kılı kırk yararak araştırmış ve Pluto'yu saptamayı başarmıştır. (Belirtilmelidir ki, Pluto'nun özellikleri, yörünge düzensizliklerinden hareketle beklenen özelliklerinden çok farklıdır.)

Güneş sisteminin üyeleri dokuz gezegenle sınırlı değildir. Bu gezegenlerin etrafında dolanan kendi uyduları vardır (sayıları elliyi aşmaktadır ve muhtemelen yenileri de keşfedilecektir). Bu uyduların içinde çapları on milden küçük olanlar olduğu gibi, binlerce mil çapında olanlar da vardır. Bunlar daha çok dev gezegenler olarak bilinen Jupiter, Satürn, Uranüs ve Neptün etrafında yığılmışlardır. Bunların dışında, Dünya ve Pluto'nun birer, Mars'ın iki uydusu olup, geri kalanların uydusu yoktur.

Ayrıca en büyük dört gezegen band şeklinde etraflarını çeviren ve halka olarak bilinen bir yapıya da sahiptirler. Bu halkalar milyarlarca kaya ve buz parçacıklarından oluşur. Satürn'ün halka sistemi Galileo



Bazı film ve öykülerde Mars'ta yaşadığı varsayılan canlı yaratıklar yukardaki gibi resmedilmekte ve Mars'taki yaşam hakkında bilimkurgusal, hayali görüntüler yaratılmaktadır. Oysa böyle bir yaşam saptanmamıştır. Fakat 1996'da bir asteroid'in Mars'ta yaşadığı varsayılan yaratık fosiline sahip olduğunu göstermesi, kırmızı gezegende bir zamanlar ilkel bir yaşam olmuş olabileceğine işaret sayılabilir.

zamanından beri bilinmektedir. Fakat diğerlerininki, çok ince olduklarından, ancak yirminci asrın son yıllarında keşfedilmişlerdir.

Mars ve Jupiter arasında hiçbir zaman var olmamış bir gezegenin kalıntıları yayılmaktadır. Asteroid (=Küçük Gezegen) adı verilen, küçük, kayaya benzer binlerce cisim, geniş bir band üzerinde yayılmış olarak Güneş etrafında dolanmaktadır. Yani, muhtemel bir gezegenin habercisi varsayılan, kaya ve buzdan oluşan bu gezegenimsi cisimler Güneş sistemi içinde bir band üzerinde toplanmıştır. Bu band dışında, bunlara benzer gezegenimsi cisimlerin çoğu birbirleri ile birçok defa çarpışıp, muhtemelen bir gezegenle birleşmişlerdir. Bundan dolayı, yolunu şaşırmış birkaç tane dışında, Güneş sistemi Asteroid bandı haricinde bu cisimleri içermez. Bununla beraber Jupiter'in yakınında güçlü çekim etkisi nedeni ile büyük boyutlu birleşmelerin meydana

gelmesi engellenir ve ilkel kayalar asteroid olarak kalır. Asteroid bandı, gezegenlerin henüz teşekkül etmediği zamanlara ait, Güneş sisteminin neye benzediğini gösteren bir fosil örneği olarak kabul edilebilir.

Güneş sisteminde, gezegen oluşumu şansına sahip olmayan bir diğer bölge de Pluto yörüngesinin dışında kalan bölgedir. Güneş çekiminin çok zayıf ve sıcaklığın çok düşük olması nedeni ile bu bölgede trilyonlarca buz parçası varlığını sürdürür. (Bu bölgenin Dünya'mıza yakın bölgesine Kuiper Kuşağı denir. Çünkü bu kuşağın var olması gerektiğini 40 yıl önce Gerard Kuiper ileri sürmüş ve 1995 yılında Hubble Uzay Teleskobu ile varlığı ortaya konmuştur.) Bu bölge donmuş kimyasal elementlerle doludur. Ara sıra bu buz kütlelerinden biri yörüngesinden ayrılıp, hızla Güneş'e ve iç gezegenlere doğru fırlatılır. Uzayın bu daha sıcak bölgesine girince de, bir kısmı buharlaşır ve gazdan bir kuyruk teşekkül eder. Bunun sonucu ise Kuyruklu yıldız olarak bilinen, seyredilmesi heyecan veren gökcisimleridir.

Güneş sistemi doğal olarak evrenin bir parçasıdır ve evren bugün oldukça iyi bilinmektedir. Buna karşın Güneş sisteminin kendisi pek çok bilinmeyeni içermektedir ve içerdiği birçok sır açıklama beklemektedir. Örneğin, diğer gezegenlere göre, cüce bir gezegen olan Pluto'nun aslı nedir? Nasıl oluyor da, böyle bir gezegen diğerlerinin çekim etkisine kapılmadan varlığını sürdürebilmektedir? Diğer büyük gezegenlerinkilerle karşılaştırıldığında, böylesine görkemli bir görünüm sergileyen Satürn'ün halkaları nasıl açıklanabilir? Dünyanın uydusu olan Ay nasıl meydana gelmiştir. Dünyada uzaydan gelmiş olabilecek yaşam izleri var mıdır? Dünyanın dışında, yaşam veya en azından yaşam habercisi olan başka bir gezegen var mıdır? Bilimadamları gelecekte, insanlı ve insansız uzay araştırma araçlarının, yukardaki ve yukardakilere benzeyen diğer önemli soruları çözmemize, ayrıca komşu gezegenleri daha iyi anlamamıza yardımcı olacağı umudundadırlar.

BÖLÜM İKİ

YILDIZLARIN SEYRİ

Teleskobu ile gökcisimlerini gözlemeye başlayan Galileo'nun dikkatini çeken ilk şey, teleskobunu bir gezegene yönelttiğinde, nokta şekilli görüntünün disk şekline dönüşmesi olmuştur. Halbuki teleskobu bir yıldıza yönelttiğinde, gördüğü hep nokta şeklinde bir görüntüydü. Bu birbirine ters düşen durumu, yıldızların gezegenlere göre çok, ama çok uzakta olmaları ile açıkladı. Aksi halde teleskobun ortaya koyduğu büyütme yıldızın yapısal şeklinin görünmesini sağlardı.

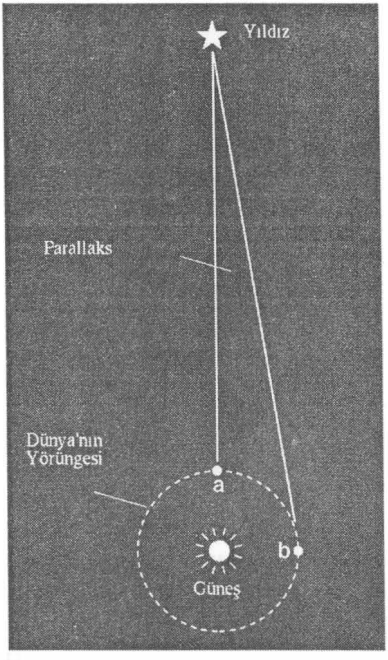
Galileo'nun yıldızların çok uzak olduklarına ilişkin iddiası 1838 yılına kadar doğrulanamadı. O yıl Alman astronomu Friedrich Wilhelm Bessel ilk olarak Güneş dışında bir yıldızın uzaklığını ölçmeyi başardı. Parallaks olarak bilinen yöntemi kullanarak 61 Cygni çift yıldız sisteminin Dünya'ya uzaklığını saptadı.

Parallaks anlaşılması oldukça kolay olan bir uzaklık-ölçme tekni-



Jüpiter ve uyduları

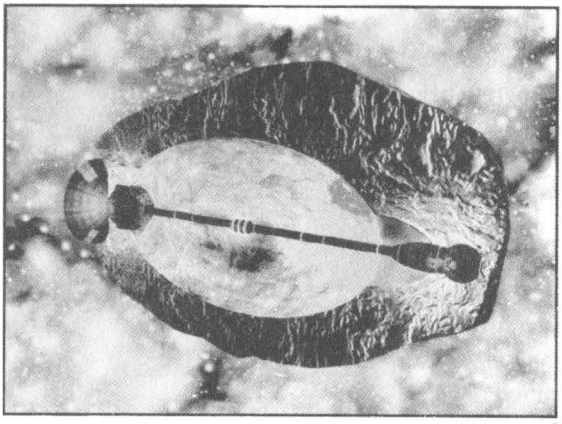
ğidir. Bu tekniği kolaylıkla kendi kendinize deneyebilirsiniz. Parmaklarınızdan birini burnunuzun önünde, yaklaşık bir inç uzaklıkta tutun. Gözlerinizden birini kapatıp, diğeri ile parmağınıza bakın; sonra açık olan gözünüzü kapatıp, diğeri ile bakın. İsterseniz bu işlemi birkaç kez yineleyin. Her bakışta burnunuzun önünde sabit duran parmağınızın yerinin kaydığını göreceksiniz. Bu bir görünen hareket olup parallaks olarak bilinir ve gözlem yönünün değişmesinden kaynaklanır.



61 Cygni, dünya yörüngesinin karşılıklı iki noktasından (a ve b) gözlenerek, dünyaya olan uzaklığı parallaks olayı ile ölçülür.

Parallaksın uzaklık ölçmede nasıl kullanıldığı kolaylıkla anlaşılabilir. Daha önce kullandığınız parmağınızı bu kez biraz daha uzakta, örneğin burnunuzun önünde 12 inç uzaklıkta tutun ve gözlerinizden birini kapayıp, açık olanla, sonra açık olanı kapayıp, diğeri ile, yukarda yaptığınız gibi, parmağınıza bakın. Parmağınızın yine kaydığını fakat diğerinden farklı olarak kayma miktarının küçüldüğünü hemen fark edeceksiniz. Bu saptadığınız olgu şöyle özetlenebilir: Bir cismin uzaklığı arttıkça parallaksdan kaynaklanan kayma değeri uzaklıkla orantılı olarak küçülür.

Bu olgu çok uzakta olan cisimlerin uzaklığının saptanmasında kullanılır. Önce, hedeflenen uzaklık için beklenen parallaks değerinin ne kadar olacağı tahmin edilir. Sonra, uygun iki nokta seçilerek, bu farklı noktalardan o cisme bakılır ve kayma değeri ölçülür. Cisim ne kadar



Bir asteroid yıldızgemisinin düşsel gösterilişi.

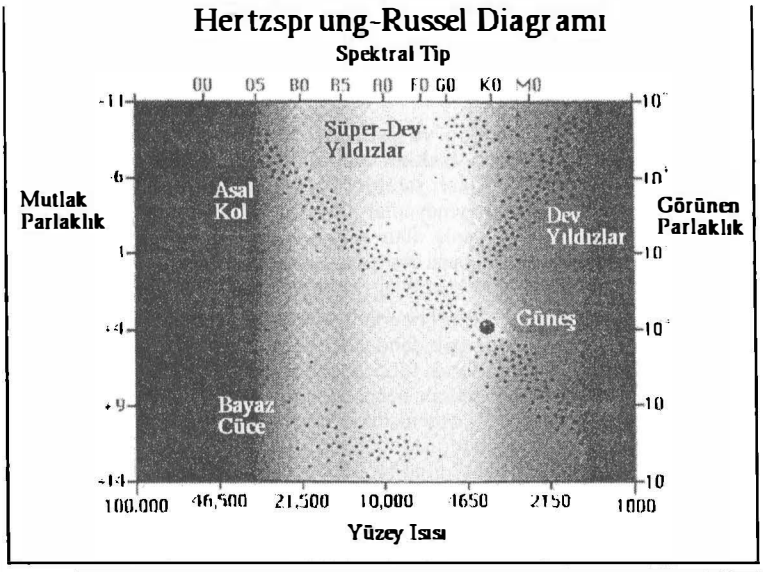
uzaksa, seçilen noktalar birbirlerinden o denli uzak olmalıdır. En sonunda kayma değeri kullanılarak uzaklık saptanır.

Bessel, 61 Cygni'nin uzaklığını saptamak istediğinde, paralaks değerinin ölçülebilir bir miktar verebilmesi için, seçeceği iki noktanın birbirinden olabildiğince uzak olması gerektiğinin farkına varmıştır. Bunun için, Güneş etrafındaki yörüngesi üzerinde hareket eden Dünya'nın altı ay aralıkla bulunduğu yerleri gözlem noktaları olarak seçmiştir. Başka bir deyişle, gözlem zamanı olarak, yaz ve kış gibi, birbirine zıt iki mevsim seçmiştir. Çünkü Dünya bir yandan yörüngesi üzerinde hareket ederken, diğer yandan altı aylık zaman aralığında uzayda yüzlerce mil yol kateder. Böylece, gözlem yerleri arasında meydana gelen bu konum farkı birçok yakın gökcisminde parallaks olayını meydana getirir.

Bessel teleskobunu altı ay ara ile 61 Cygni yıldızına yönelttiğinde, bu yıldızın gökyüzündeki yerinin açısal olarak binde-beş (5/1000) derece değiştiğini saptadı. Bu bulguyu parallaks yöntemine uygulayınca da, kabaca 60 trilyon mil gibi bir uzaklık buldu.

Modern astronomide uzaklık birimi olarak mil veya kilometre gibi terimler yerine ışık-yılı terimi kullanılır. Işığın bir yıl boyunca kattettiği yol anlamına gelen ışık-yılı 6 trilyon mil kadardır. Böylece 61 Cygni yıldızının 10 ışık-yılı uzaklıkta olduğu anlaşılır.

Dünyamıza en yakın yıldız (tabii Güneş dışında) 61 Cygi değil,



Hertzsprung-Russell diyagramı yıldızların parlaklıkları ile sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösterir ve onları gruplara ayırır. Güneşi de içine alan yıldızların büyük çoğunluğu, diyagramda asal-kol denilen, diyagram boyunca yayılan, geniş köşegen band üzerinde bulunur.

oldukça sönük, kırmızı yıldız olan, 4 ışık-yılı uzaklıktaki Proxima Centauri'dir. Diğer yıldızlarla mukayese edildiğinde Dünya'ya çok yakın olmasına karşın, Güneş sisteminin en uzak cisminin Güneş'e olan uzaklığından bin defa daha uzaktır. Proxima Centauri'nin Dünya'ya olan uzaklığı bir futbol sahasının uzunluğu ile temsil edilirse, Pluto'nun Dünya'ya olan uzaklığı ancak kibritçöpü kadardır.

Günümüz uzaygemilerinin hızı ile Dünya'dan Proxima Centauri'ye gitmek yaklaşık bir milyar yıl sürer. Tabii astronotlar için böyle bir seyahati düşünmek bile anlamsızdır. Fakat ilerki yıllarda uzayda yolculuk yapan araçlar çok daha hızlı ve ailelerin birkaç kuşağını barındıracak şekilde olursa, yıldızlararası seyahatler işte o zaman mümkün olacaktır.

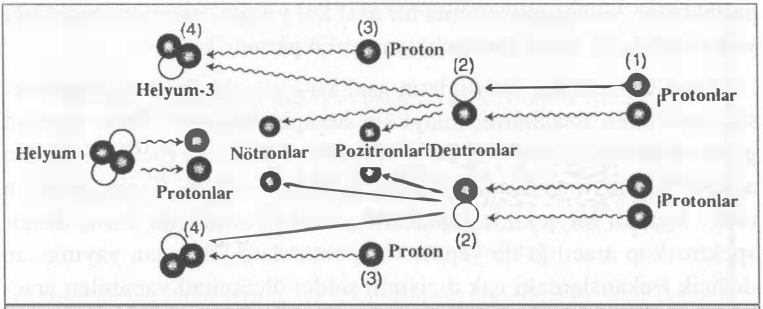
Yıldızların İlginç Özellikleri

Yıldızların çoğu, sıcaklığın ve parlaklığın birbirleri ile sıkı sıkıya ilişkili olduğunu gösteren, asal-kol üzerinde bulunur. Asal-kol yıldızlarının parlaklığı aşağı yukarı sabittir. Yani, enerjilerini sabit bir hızla yayınlarlar. Bu kurala uymayanlar da vardır. Muazzam büyüklükteki kırmızı devler, çok geniş alan kaplayan yüzeylerinden hızlı bir tempoyla yayınladıkları enerji ile hızla tükenirler. Diğer taraftan beyaz-sıcak ve sönük olarak parlayan beyaz cüceler, bir kamp ateşindeki közlerin parlaması gibi, yavaş yavaş soğurlar.

Fakat gökcisimleri içinde çok daha garip yıldızlar da vardır. Sarı dev sınıfından olup, Sefeit olarak bilinen, değişen yıldızlar çaplarını ve parlaklıklarını peryodik olarak değiştirir. Bunlar, bir körük gibi, ritmik bir şekilde büzülür ve genişlerler. Büzüldüklerinde şiddetli bir şekilde enerji yayarlar. İşte yayılan enerjinin şiddeti, tamamen değişen yıldızın mutlak parlaklığına bağlıdır. Başka bir deyişle Sefeit'in peryodu (kolaylıkla ölçülebilen bir değer), parlaklığı ile orantılıdır. Gökcisimlerinin mutlak parlaklıklarının bilinmesi, uzaklıklarının bilinmesi ile özdeş olduğundan, Sefeitler uzaklık ölçümleri için çok değerli göstergelerdir.

Bessel zamanından beri milyonlarca yıldızın uzaklığı saptanmış ve kayıt edilmiştir. Fakat bu ölçümlerin çok büyük çoğunluğu paralaks yöntemi ile yapılmamıştır. Parallaks yönteminin birkaç yüz ışıkyılından daha uzak yıldızlar için doğru sonuç vermediği ispatlanmıştı. Bu nedenle, bunun yerine parlaklık mukayesesi ölçümlerine dayanan yöntem kullanılmaktadır.

Parlaklık mukayesesi ölçümü şudur: Gerçekten her yıldız mutlak parlaklık (öz parlaklık da denebilir) denilen bir parlaklığa sahiptir ki, bu parlaklık onun yayınladığı gerçek ışınım miktarını ifade eder. Diğer taraftan görünen parlaklık, yıldızın Dünya'dan ne kadar parlak göründüğünü ifade eden bir değerdir. Tıpkı bir elektrik ampulünün bir odayı aydınlatma etkisinin, hem ampulün vat olarak gücüne, hem de odanın büyüklüğüne bağlı olduğu gibi, yıldızın görünen parlaklığı da hem mutlak parlaklığına, hem de uzaklığına bağlıdır. Böylece, eğer her iki tip parlaklığı bilinirse, o yıldızın uzaklığı hesaplanabilir.



Hidrojenin helyuma dönüşmesi işlemi şu sırayı izler: İlkin, protonlar (I) döteron'u teşkil etmek üzere birleşir(2). Sonra döteronlar protonlarla(3) birleşip, bir helyum izotopu olan helyum-3'ü (4) oluşturur. En son olarak da, helyum-3 çekirdekleri kaynaşıp normal helyum meydana getirir. Her adımda enerji açığa çıkar.

Bir yıldızın görünen parlaklığı, sadece ne kadar parlak göründüğü ölçülerek, oldukça kolay bir şekilde saptanabilir. Fakat mutlak parlaklık için aynı şey söylenemez. Açıktır ki, yıldızın yanına kadar gidip, gerçek olarak ne kadar enerji yayınladığı ölçülemez. Yıldızın ne kadar enerji yayınladığını, yanına varmadan bildirecek bir yol olmalıdır.

Bir şans olarak astronomlar, yıldızların parlaklıkları ile sıcaklıkları arasında bir ilişki olduğunu bulmuşlardır ve bu ilişki yıldızların büyük çoğunluğu için geçerlidir. Sıcaklıkları doğru bir şekilde ölçmek mümkündür; yıldızların rengi bu durumun bir göstergesidir. Örneğin mavi turuncudan daha sıcak, turuncu ise kırmızıdan daha sıcaktır. Eğer yıldızların sıcaklık ve mutlak parlaklıkları bir grafik üzerine yerleştirilirse, elde edilen dyagrama H-R (Hertzsprung-Rusell) diyagramı adı verilir. Bu diyagramda yıldızların büyük çoğunluğu asal-kol adı verilen bir şerit boyunca yayılır. Asal kol, üzerindeki yıldızların ne kadar sıcaksa o kadar parlak olduğunu gösterir. Yani asal kol yıldızlarının mavi olanları, sarı olanlara göre daha fazla ışınım yayınlamaktadırlar. Sıra ile devam edilirse, sarı yıldızlar turuncu olanlara göre daha parlaktırlar. Turuncu olanlar da kırmızı olanlara göre daha

parlaktırlar. Güneş mükemmel bir asal kol yıldızı örneğidir. Sıcaklığı ve parlaklığı ile kendi grubunun en uygun yerinde bulunur.

Eğer astronomlar bir yıldızın asal-kola ait olduğunu saptamışlarsa, artık onun uzaklığını kolaylıkla hesaplayabilirler. Önce yıldızın görünen parlaklığı ölçülür; bu iş yıldızdan Dünya'ya (belli bir zaman aralığında) ne kadar ışık düştüğü ölçülerek yapılır. Sonra, yıldızın rengi dikkatli bir şekilde saptanarak, sıcaklığı bulunur. Bu iş de bir spektroskop aracılığı ile yapılır ve spektroskop yıldızdan yayınlanan değişik frekanslardaki ışık dizisinin şiddet ölçümünü yapabilen araçtır. En sonunda yıldız, asal-kol üzerindeki aynı sıcaklıktaki yıldızlarla karşılaştırılır. Bu karşılaştırma yıldızın beklenen mutlak parlaklığını doğru olarak bulmak içindir. Bütün bunlardan sonra yıldızın görünen ve mutlak parlaklıkları arasındaki oran bulunur. Bu oran ne kadar küçükse, yıldız Dünya'dan o kadar uzaktır.

Fakat asal-kol üzerinde olmayan yıldızlar da vardır. Bunların bazıları kırmızı dev olarak isimlendirilen kırmızı yıldızlardır ve bunlar büyük ve parlaktırlar. Çok parlak görünmekle beraber, bunların yüzey sıcaklıkları çok düşüktür. Beyaz cüceler olarak isimlendirilen bir diğer grubun üyeleri küçük, sönük ve beyaz-sıcaktırlar. Bu dikkat çekici yıldızların bir zamanlar asal-kol üzerinde olduklarına fakat şimdilerde yaşam sürelerinin son dönemlerini yaşamakta olduklarına inanılmaktadır.

Bir elektrik ampulü gibi, sabit değerde enerji yayınlayan cisimlerin aksine, yıldızlar yaşamlarının değişik evrelerinde bazen yüksek, bazen düşük şiddette parlarlar.

Yirminci asrın ortalarına yaklaşana kadar bilimadamları yıldızların büzülme ile enerji yaydıklarına inanıyorlardı. Büzülme nedeni ile sıkışıkça, yıldızın sıcaklığının gittikçe yükseldiği ve ışık yayma işleminin sürdüğü sanılıyordu. Mamafih bu, yıldızın parlama nedeni olarak, yabana atılacak kadar ilkel bir düşünce değildir. Fakat böyle olsaydı, yıldızlar ancak bir milyon yıl yaşında olabileceklerdi. Halbuki bugün onların milyarlarca yıl yaşında olduğu bilinmektedir.

Güneşin Nötrino Çıkınazı

Yıldızların parlamasını sağlayan çekirdeksel kaynaşma işleminin önemli sonuçlarından biri de, bu işlem esnasında nötrino denilen atomaltı taneciklerin ortaya çıkmasıdır. Güneş de, yapısını teşkil eden hidrojen atomlarını helyuma dönüştürürken, her çekirdeksel kaynaşma işleminde nötrino açığa çıkarır. Böylece, Güneş'ten yayınlanan nötrinoların saptanıp sayılması ile, Güneş'in içinde gerçekten çekirdeksel kaynaşma olduğu ispatlanabilir.

Nötrinolar yakalanması çok zor olan hareketli taneciklerdir. Başka taneciklerle öyle nadiren etkileşirler ki, bir tanesi yakalanıp durdurulana kadar bir ışık-yılı yol alabilir. Bununla beraber, insanlığın, bunların ne olduğunu anlamaya ilişkin ısrarlı çalışmaları sonucu, bu yakalanması güç cisimleri yakalamak için bir tuzak geliştirilmiştir. Güneş nötrinolarını yakalamak için 20 yıldan beri Güney Dakota'da Homestake altın madeni ocaklarının derinlerinde deneyler sürmektedir; bu iş için birer galonluk yüz bin fıçı klor esaslı temizleme sıvısı kullanılmaktadır. Bu deney, Güneş tarafından salıverilen bunca nötrinolardan bazılarının burada etkileşeceği gerçeğine dayanmaktadır.

Sıvıya çarpan Güneş nötrinoları klorun bir kısmını radyoaktif argona dönüştürür. Bilimadamları ortaya çıkan argon miktarından ne kadar nötrino yayınlandığını hesaplayabilirler. Tabii sonra, bu değer kuramsal tahminlerle karşılaştırılır.

Uzun zamandan beri kuramsal sonuçlarla, deneysel olarak bulunan nötrino sayıları uyuşmamaktaydı. Güneşteki kaynaşma modellerinden tahmin edilen nötrino değeri gerçek gözlemlerden bulunanın çok üstündeydi. Nötrinolar hakkında uzun zaman gündemde kalan varsayıma göre, bunlar sıfır kütleye sahip olup, başka taneciklerle etkileşmediğinden, diğer taneciklere karışıp, yok olmaktaydı. Böylece, yaklaşık olarakbeklenenin dörtte biri kadar nötrino yakalanmasının nedeni, bu varsayımla açıklanamıyordu.

Yakın zamanlarda bir fizik araştırma ekibi Los Alamos labaratuarında deneysel olarak nötrinonun çok küçük fakat sıfırdan farklı bir kütleye sahip olduğunu saptadı. Eğer doğruysa, bu buluş kuramsal ve ölçülen nötrino sayıları arasındaki farklılığı açıklayabilecektir. Görünen odur ki, Güneş tarafından yayınlanan nötrinolar alıcıya ulaşamadan yolda, başka etkileşmelerle azalmaktadır. Böylece uzun zamandır süregelen bilmece çözülmüş görülmektedir.

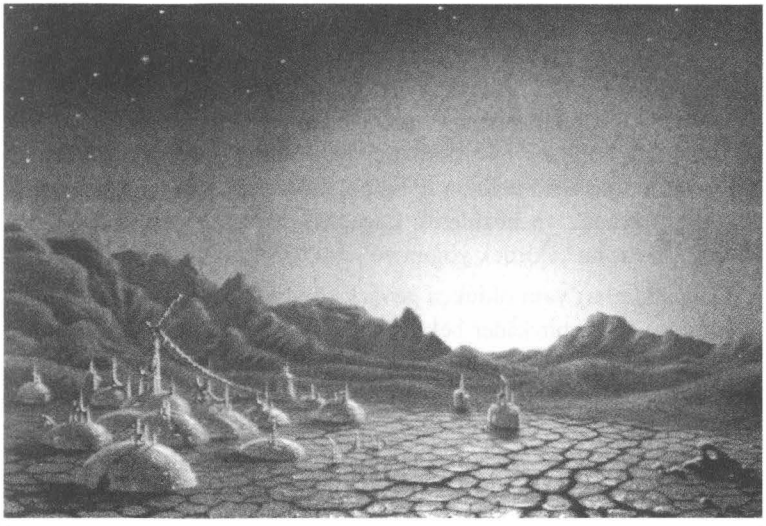
Bugün yıldızların enerjilerini çekirdeksel kaynaşma (nükleer füsyon) ile sağladıkları bilinmektedir; bu, hafif elementlerin daha ağır elementlere dönüşmesi işlemidir. Her çekirdeksel kaynaşma olduğunda, enerji açığa çıkar. Bu enerji uzaya yayılır ve yıldız ışığı olarak görülür.

Çekirdeksel kaynaşma iki hidrojen atomu çekirdeğinin birbiri ile kaynaşması ve döteron adı verilen yeni bir taneciğin meydana gelmesi ile başlar. Döteryumun (ağır hidrojen) çekirdeği olan döteron, pozitif proton ve nötr nötron'un bileşimidir. Döteronlar artık diğer protonlarla birleşip, helyumu teşkil etmeye hazırdır. Bundan sonra, karbon gibi daha ağır elementleri meydana getirmek için, sıra helyumun kaynaşmasına gelir. Tipik bir yıldızda kaynaşma üstüne kaynaşma meydana gelerek, önemli miktarda ağır element oluşana kadar bu işlemler devam eder.

Bu noktada iki farklı yıldız tipine de dikkat çekilmelidir: Populasyon I ve populasyon II. Bu gruplar rölatif yaşları ile karakterize edilir; ikincisi, yani populasyon II diğerinden daha yaşlıdır. Bu gruplar uzaydaki dağılım özellikleri bakımından da birbirlerinden farklıdır. Samanyolunun, yani bizim galaksimizin şekli, merkezdeki şişkinliği çevreleyen yassı bir disk şeklinde, uçan bir tabak gibidir. İşte populasyon I yıldızlarının sadece galaktik disk içinde yayılmalarına karşın, populasyon II yıldızları daha çok galaksimizin merkezindeki şişkin kısımda ve bu şişkinliği çevreleyen küresel halo içinde bulunurlar.

Populasyon II yıldızları evrenin erken dönemlerini gösteren belgeler olarak kabul edilebilir. Çünkü uzay henüz ağır elementler içermediği, sadece hidrojen ve helyum ile dolu olduğu dönemlerde oluşmuşlardır. Hidrojen ve döteryum gibi hafif element çekirdeklerinin kaynaşması sonucu ortaya çıkan enerji ile ışık saçmaya başlamışlardır. Kaynaşabilir maddeleri tükenene kadar da parlamaya devam edeceklerdir.

Populasyon II yıldızları öldüğünde içerdiği madde uzaya yayılır. Yayılan tozun bir kısmı muhtemelen yeni oluşan populasyon I yıldız-



Günümüzden milyarlarca yıl sonra güneş şişecek ve bir kırmızı dev yıldız olacak.

larının bünyelerine katılır. Bu şekilde evren maddesi yeniden işleme girer.

Her ne kadar populasyon I yıldızlarını oluşturan maddenin büyük çoğunluğu hidrojen ve helyum gazı olsa da, bunlar ağır elementleri de (helyumdan ağır) içerirler. Fakat bunların değerleri ancak yıldız kütlesinin yüzde 1 veya 2'si kadardır. Bir zamanlar daha önceki kuşağa ait yıldızlarda bulunmuş olan maddeyi de içerdiğinden, Güneş populasyon I yıldızlarına iyi bir örnektir.

Peki, Güneş'in kendisi öldüğünde ne olacak? Birkaç milyar yıl içinde yaşam kaynağımız olan yıldızımız daha parlak ışık saçacaktır. Sahip olduğu hidrojen çok az kalana kadar, çekirdeksel yakıtını gittikçe daha fazla kullanacaktır. Sonra, bunun sonucu olarak, uzak gelecekteki bir zamanda Güneş'in merkezindeki bütün çekirdeksel etkileşmeler duracaktır.

Güneş 'çekirdekartığı' (postnuclear) evresine geçince, iç bölge ve dış bölge olarak iki ayrı bölgeye ayrılmış olacaktır. Bu bölgeler arasındaki dikkat çekici fark şudur: İç bölgede hidrojen yakıtı hiç yoktur fakat dış bölgede bir miktar vardır. Ondan sonra meydana gelen hızlı gelişmelerle bölgeler birbirlerinden iyice farklılaşacaktır. Çekirdeksel yakıtının tümünü tüketen iç bölge, dış bölgelerin ağırlığı ile çökmeye başlayacak ve büzülerek küçücük, sıcak bir çekirdek şekline dönüşeceektir; bu çekirdek yoğun ve sıcaktır.

Dış kısımları yani oldukça gevşek şekilde bir arada duran bu gaz topunu ise farklı bir kader beklemektedir. İç bölgenin çökmesinin sebep olduğu şok dalgasının, ölmekte olan yıldızın içinde, her yöne doğru yolladığı dalgalar yıldızın dış kısımlarını itecek ve bu bölgenin gittikçe daha uzağa gitmesine neden olacaktır. Dış zarf hızla büyüyecek ve çok kısa bir zamanda yüzlerce defa daha büyük bir boyuta ulaşacaktır. Diğer taraftan genişledikçe soğuyacak ve sıcaklığı birkaç bin dereceye kadar düşecektir.

En sonunda Güneş soğuk, parlak bir kırmızı dev yıldıza dönüşecektir. Dünya yörüngesine kadar olan uzay hacmini kaplayacak kadar büyüyecek ve bu nedenle öylesine parlak olacaktır ki, çıplak gözle binlerce ışık-yılı uzaklıklardan görülebilecektir. Dış tabakasındaki maddeyi yavaş yavaş uzaya atarak milyarlarca yıl daha varlığını sürdürecektir.

Sonunda dış bölgeleri yok olacak; geriye sıcak, beyaz çekirdek kalacaktır. Yani Güneş beyaz cüce yıldızı olacaktır. Geri kalan enerjisini de vererek iyice büzülecek ve sonunda ölecektir.

BÖLÜM ÜÇ

ŞAŞIRTAN CİSİMLER: PULSARLAR

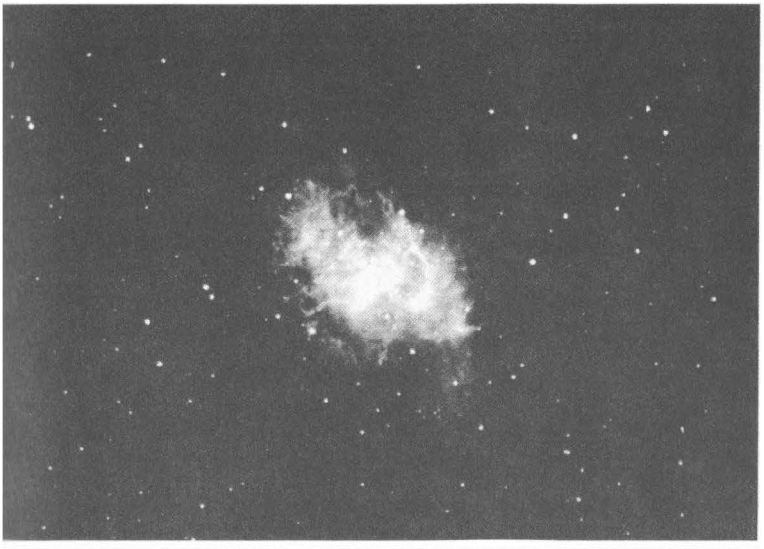
Güneş kütlesinin birkaç katı kütleye sahip yıldızlar da Güneş'le aynı kaderi paylaşırlar; en sonunda beyaz cüce olurlar, gittikçe parlaklıkları azalır ve sönerler. Baştan sona Güneş'in geçirdiği evreleri (bununla beraber, sahip oldukları kütleye bağlı olarak, bu evrelerin hızları farklıdır) geçirirler.

Fakat büyük kütleli yıldızlar çok daha dramatik bir gelişim izlerler. Son dönemlerinde kuvvetli bir süpernova patlaması ile karşı karşıya kalan bu yıldızlar bir an içinde, bulundukları galaksinin bütün yıldızlarının toplam parlaklığı kadar parlak olurlar.

1987'de Dünya hiç beklenmedik bir şekilde gökyüzünün havai fişek gösterisine şahit oldu; bu bir süpernova patlamasıydı. Bu patlamayı ilk gören kişi Şili'deki Las Campanas gözlemevinde teknisyen olan Oscar Duhalde'dir. 24 Şubat'ta, sabahın erken saatlerinde bir kah-



Bazen Shelton-Duhale-Jones şeklinde de isimlendirilen 1987 süpernovası dünyadan gözlenmiş bir felaket olayıdır.

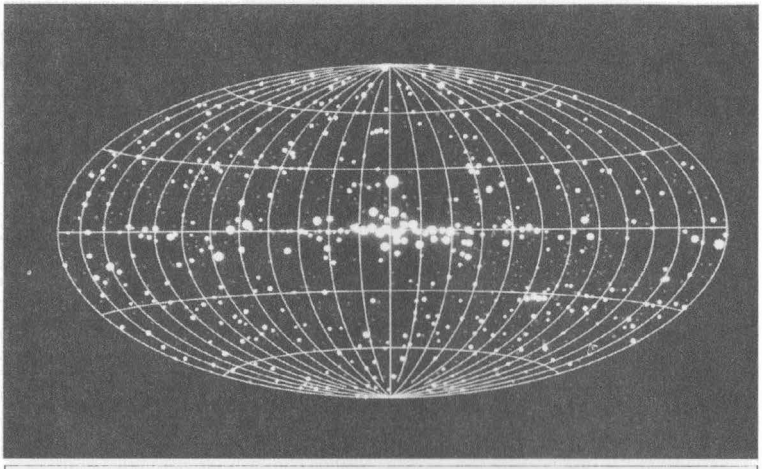


Eski zamanlara ait bir süpernova patlamasının kalıntısı olan Yengeç Nebülözü galaksimizin en renkli görüntülerinden biridir.

ve molasında Tarantula Nebülözü olarak bilinen gaz bulutu yakınlarında bir gökyüzü bölgesinin, o zamana kadar hiç görmediği bir şekilde parlak olduğu dikkatini çekti. Fakat nedense, birkaç saat sonra Kanadalı meslektaşı astronom Ian Shelton'la karşılaşana kadar bu konu üzerinde durmadı.

Las Campanas'daki Tononto Üniversitesi Güney Gözlemevi'nde sürekli ve tam günlük işe atanmak için yüksek öğrenimini bırakan Shelton, o sabah Büyük Macellan Bulutu'nu taramaya yönelik her zaman yaptığı günlük işini yapmaktaydı. Bu iş için astrograf olarak isimlendirilen, geniş açılı teleskopla plak üzerine bir fotoğraf çekmişti. Daha sonra, plağın banyosunu yaptığında, o bölgede, daha önce hiç görmediği, kocaman, parlak bir leke olduğunu gördü.

Shelton şaşırdı. Ya aletinde bir hata vardı ya da orada yeni bir



Yüksek Enerji Astronomisi Gözlemevi uydusundan (HEAO-1) elde edilmiş gök haritası. Merkez bölgedeki büyük daire kümeleri nötron yıldızlarından oluşan çift yıldız sistemleridir. Nötron yıldızları büyük kütleli yıldızların çöken çekirdeklerinden meydana gelir.

şey meydana çıkmıştı. Hemen dışarı çıktı ve gökyüzünü dikkatle inceledi. Büyük Macellan Bulutu'nu içine alan gökyüzü bölgesinin ortasında, daha önce var olmayan, yeni, parlak bir yıldızın olduğuna emin olana kadar baktı.

Büyük bir keşif yaptığına ikna olan Shelton, Duhalde ve orada çalışan diğerleri ile beraber zafere doğru yola çıktı. Shelton ve Duhalde deneyimlerini paylaştılar ve bir süpernova görmüş olduklarına karar verdiler. Bu, yüz binlerce ışık-yılı uzaklığında bir yıldızın patlamasıydı. Duhalde ve arkadaşları hemen, Massachusetts'deki astronomik buluş ve keşiflerin topladığı yer olan Astronomik Telgraflar Merkez Bürosuna bir telgraf yolladılar.

Şili'deki grubun gözlemlerini bildirmelerinden çok kısa bir zaman sonra, Yeni Zelanda'dan Albert Jones adında bir amatör astronom, onlardan tamamen habersiz, bir süpernova gördüğünü bildirdi. Bu nedenle, 1987'de meydana gelen bu süpernova bazen Shelton-Duhalde-

Jones olarak isimlendirilir. Fakat daha genel olarak süpernova 1987A olarak bilinir.

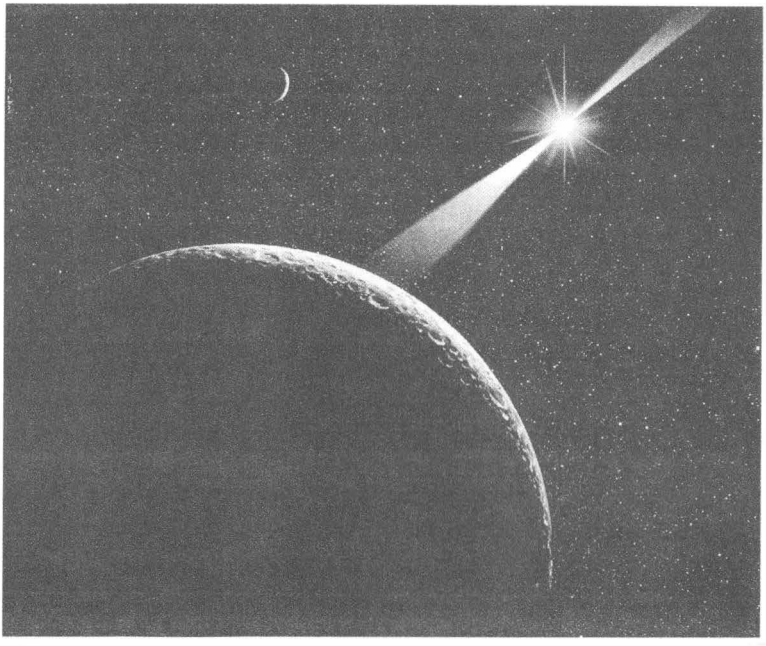
Süpernova patlamaları, süperdevler olarak isimlendirilen, çok büyük kütleli yıldızların yaşamlarının son dönemlerine ait bir evre olarak meydana gelir. (Burada söz konusu, Tip II olarak isimlendirilen süpernova sınıfıdır). Bazı bakımlardan bu muazzam yıldızlar normal devlere benzer; her ikisi de çok yoğun ve çok sıcak bir çekirdeğe sahip olup, çekirdekleri soğuk gaz zarfı ile kuşatılmıştır. İkisi arasındaki fark, izledikleri gelişim şeklinin son bölümündedir. Devlerin merkezleri ancak birkaç tip ağır element meydana getirebilecek çekirdeksel kaynaşma işlemi için yeterli sıcaklığa sahiptir. Sonunda çekirdeksel kaynaşma işlemi durur ve geriye beyaz cüce kalır.

Bunun aksine, süperdevler çok daha yoğun ve bunun sonucu olarak da çok daha sıcaktırlar. Hafif elementleri kaynaştıran bir kazan ve sayısız ağır elementi kaynaştıran demirci ocağı gibi çalışır. Yavaş yavaş, karbondan manyezyuma, silikona, sülfüre ve en sonunda demire kadar uzanan, gittikçe daha karışık maddeler teşkil edilir.

Çekirdeğinde demir meydana gelir gelmez, süperdev yaşam yolunun sonuna ulaşmış demektir. Demir, daha ağır elementleri üretmek üzere, kendi kendisiyle kaynaşamaz. Bundan dolayı artık kaynaşma olanağı ortadan kalkmış olur; çekirdeğin enerji kazanabilmesi için, bundan sonra tek yol çökmedir. Ve çökme bunu yapar. Saniyenin onda biri gibi bir zaman içinde, çekirdek yetmiş milden daha küçük çaplı bir küre büyüklüğüne erişir.

Bu afet şeklindeki çökme, ölçüye vurulamayacak derecede, öylesine büyük enerji açığa çıkarır ki, bu enerji yıldızın geri kalanını uzayda milyarlarca mil uzaklığa vardıracak kadar şişirmeye yeter. Şok dalgası ile şişirilmiş gaz, bazen, ince tül gibi renkli bir oluşum yayar; buna süpernova artığı denir. Yengeç Nebülözü, böyle bir kalıntının en göze çarpan örneğidir.

Hiç kuşkusuz bir süpernova patlaması birdenbire meydana gelir. Göz açıp kapayana kadar gökyüzünün en büyük yıldızlarından biri olan süperdev tamamen dağılır. Esas yıldız kütlesinden geriye sadece



Bir Pulsar, hızlı dönerek ve sinyal vererek gökyüzünün işaret feneri işlevini görür.

büzülmüş çekirdek kalır; Bu olağandışı yoğun cisme nötron yıldızı denir. Bu ismin verilmesinin nedeni, yıldızın artık tamamen nötronlardan ibaret olmasıdır. (Nötron, proton ve elektronların iç içe girip kaynamış halidir).

Nötron yıldızları astronomlar tarafından, genellikle radyo dalgaları şeklinde olan şiddetli ışınımları aracılığı ile bulunmuşlardır. Böyle bir cisim ilk kez 1967'de gözlenmiştir. Bu, Jocelyn Bell ve Antony Hewish'in bir takımyıldızdaki kaynaktan gözlemekte oldukları radyo

Gamma Işını Patlamaları

Astronominin uzun zamandan beri gizemini koruyan sorularından biri, gamma ışını patlaması olarak bilinen yüksek enerjili şiddetli akımların kökenidir. Gamma ışını patlamaları ilk olarak 1960'da, tamamen farklı bir amaçla uydu taraması yapmak üzere çalıştıkları bir sırada, ABD askeri kuvvetlerince keşfedildi. Bu şiddetli ışınım akımları, ortalama olarak, her gün bir patlama olmak üzere, gökyüzünün her bölgesinde görülmektedir. Bunlar, 1973'ten beri yeniden sınıflandırılmakta ve teorisyenler, bu oldukça zor bilmeceyi çözmeye çalışmaktadırlar. Bilinece şudur: bu sıklıkta ve bu şiddette patlamaları yaratan nedir?

İçlerinde Kudüs'teki Hebrew Üniversitesi'nden Tsvi Piran'ın da bulunduğu bazı araştırmacılar, gamma ışını patlamalarının nötron yıldızlarının çarpışmasından meydana geldiğini ileri sürmektedirler. Piran'ın modeline göre, iki nötron yıldızı bir çift yıldız sistemi oluşturup, birbirinin etrafında dolaşmaya başlar. Fakat eninde sonunda sistem denge durumunu kaybeder ve yoğun cisimler birbiri içine girip parçalanır. İşte bu parçalanma esnasında yüksek hızlı tanecik akımı meydana gelir ve bu tanecik akımı kendini yüksek enerjili gamma ışını şeklinde belli eder. Diğer teorilere göre, bu akım, komşu yıldızlardan nötron yıldızlarına son derece yüksek hızla madde aktığında meydana gelir. Bu da aynı şekilde ışınım akımı yaratır. Astronomlar, yakalanan nötron yıldızlarının yakın çevresini dikkatle gözleyerek, bu görüşlerin doğru olup olmadığını sınamayı ummaktadırlar.

ileri zamandır. İlk anda bu periyodik sinyallerin, uzaydaki herhangi bir medeniyetten yollanmış mesajlar olduğunu düşünmüşler. Tabii, uzak, yabancı bir gezegende yerleşmiş, gelişmiş bir topluluktan Dünyamıza mesaj yollanabilmesi olasılığı karşısında hem şaşırmış, hem heyecanlanmışlardır.

Fakat hemen, sinyallerin gerçek kaynağının, yaklaşık 6 mil çapında bir nötron yıldızı olduğunu fark ettiler. Ardından bu cismin, bir tam bir bölü üç saniyede (4/3 saniye) bir defa dönmesinin, gözlenen sinyallerin meydana gelmesi için yeterli olduğunu hesapladılar. Dü-

Pulsarların Etrafındaki Gezegenler

1990'lı yılların başlarında Pennsylvania State Üniversitesi'nden Alex Wolszczan ve Milli Radyo Astronomi Gözlemevinden arkadaşı Dale Frail pulsarlarla ilgili çok şaşırtıcı bir keşifte bulunmuştur. Puerto Rico'daki 305 metre çaplı radyo teleskopla gökyüzünü inceden inceye araştırma işlerini sürdürürken, PRS 1257+12 pulsarının etrafında dolanan bir gezegen sisteminin varlığını işaret eder ipuçları buldular. Gezegenlerin varlığına işaret eden ipuçları pulsarların sinyallerindeki sapmalardır ki, bunların ortaya çıkmasının nedeni, görünmeyen cisimlerin pulsar üzerine uyguladıkları çekimsel kuvvettir.

1257+12 pulsarının etrafındaki gezegenler hem pulsarların yakınında keşfedilmiş böyle cisimlerin ilkidir, hem de güneş sistemi dışında bulunmuş ilk gezegendir. (Normal yıldızlar etrafında dolanmakta olan diğer gezegenler dolaylı olarak bulunmuşlardır). Teorisyenler bunların, hasar yaptığı komşu yıldızlardın nötron yıldızı tarafından yakalanmış maddeden oluştuğuna inanmaktadırlar.

verdiler

Günümüzde "nötron yıldızı" ve "pulsar" terimleri aşağı yukarı eşanlamda kullanılmaktadır. Genel olarak ilk terim kuramsal tartışmalarda özellikle de cismin bileşimi hakkında kullanılır; ikincisi ise daha çok fiziksel tariflerde, özellikle dönen cisimlerin özellikleri söz konusu olduğunda kullanılır.

Pulsarlar neden böylesine hızlı dönerler? Bu sorunun yanıtı, açısal momentumun korunumu olarak bilinen fiziksel prensipte saklıdır. Açısal momentum bir cismin, kütlesine, yayılmasına ve ne kadar hızlı döndüğüne bağlı olan bir özelliğidir. Sabit bir değerdir, yani katı bir cisim için yaratılamaz ve yok edilemez. Bundan dolayı, sabit bir kütleye sahip, dönen bir cisim, eğer yayılıyorsa yavaş dönmelidir ve eğer hızlı dönüyorsa, kendi içine doğru çekilmelidir. Buz dansçılarının hızla dönerken kollarını vücutlarına doğru çekmeleri de bu prensibin sonucudur.

Açısal momentumun korunumu yasası pulsarlara uygulandığında, neden o kadar hızlı döndükleri kolaylıkla anlaşılır. Büzülerek pulsarı



En iç gezegeninden (tabanda) görünen 1257+12 pulsarı (merkezde).

yaratan yıldız çekirdeği gittikçe daha hızlı dönmelidir ki, toplam açısal momentum sabit kalabilsin. Bundan dolayı, bir pulsar böylesine büyük bir hızla döner, çünkü çok büyük bir çökmeye maruz kalmıştır. Bell ve Hewish'in keşfinden hemen sonra Yengeç Nebülöz'ünde bir pulsar saptanmıştır. Astronomlar çoktan beri Yengeç Nebülözü'nün bir süpernova artığı olduğunu kesin bir şekilde biliyorlardı. Böylece bu bölgede bir pulsarın saptanması, nötron yıldızlarının süpernova patlamasının sonucu olarak meydana geldiği kuramını doğrulamış olmaktadır.

Bell ve Hewish'in keşfinden beri, kendi galaksimizde yüzlerce pulsar gözlenmiştir. Hiç kuşkusuz daha pek çoğu keşfedilmeyi beklemektedir. Aralarında Danimarka'daki Aarhus Üniversitesi'nden Thomas Tauris'in de bulunduğu bazı bilimadamları Samanyolumuzda çok sönük oldukları için kolayca görülemediğinden, saptanamayan yüz binlerce pulsar olduğunu kuramsal olarak göstermişlerdir.



Bale dansçıları daha hızlı dönmek için kollarını kendilerine doğru çekerler. Nedeni açısal momentumun korunumudur; yani, -dönme hızı, kütle ve yayılmanın değeri- daima sabit kalır.

Tauris görüşünü kendi keşfettiği sönük bir pulsara dayandırmaktadır. Bu pulsar PSR J0108-1431 olarak isimlendirilir ve Cetus takımyıldızında olup, sadece 280 ışık-yılı uzaklıktadır. 1994'te Avustralya'da Parkes'deki radyo teleskobunu kullanarak, dakikada 74 defa dönen bu cismi bulmuştur. Böylece en yakın, en sönük pulsarı saptamış oldu.

BÖLÜM DÖRT

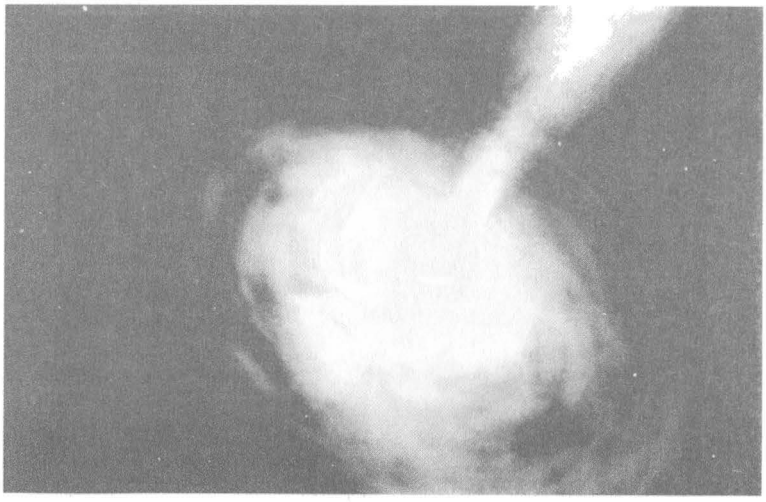
KARA DELİK SIĞINAKLARI

Birçok toplulukta, içine kapalı, toplumdan kopuk ve gizem dolu yaşam süren, kendileri hakkında çok az şey bilinen bir veya iki birey vardır. Bu kişiler, başkalarının, rahatsız edici sorular sormadan onları yalnız bırakmasını ve kendi köşelerinde herkesten uzak yaşamayı isterler.

İşte böyle içine kapalı kişilikler evrende de vardır. Kara delikler, uzaydaki en büyük kütleli yıldızların son dönem ürünleri olan bu olağanüstü yoğun cisimler, evrenin gizem



"Kara delik" terimini icat eden Amerikalı astrofizikçi John Wheeler 1968'de Başkan Lyndon B. Johnson'dan Enrico Fermi ödülünü alırken.



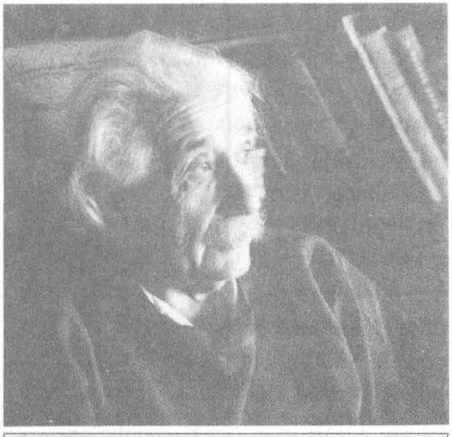
Bir kara deliğin artistik imajı. Kara delikler, kendi üzerlerine uyguladıkları çekimsel kuvvet ile yaratılan çok büyük kütleli yıldızların son dönemleridir.

dolu kişilikleridir. Gizlilik örtüsüne bürünerek, kendileri hakkında hiçbir bilginin dışarı çıkmasına izin vermezler.

"Kara Delik" terimi Princeton fizikçilerinden John Wheeler tarafından icat edilmiş ve 1968'de yayınladığı "Evrenimiz, bilinenler ve bilinmeyenler" başlıklı bir makalede kullanmıştır. Aslında Wheeler, "kendi çekimsel kuvvetleri ile çöken cisimleri" ifade eden terim yerine kullanılabilecek fakat çok daha sade ve iyi anlatım gücüne sahip bir terim bulmak için epey uğraşmıştı. Sonunda "kara delik" teriminin, bulduğu diğer terimlere göre, kulağa çok daha çekici geldiğine karar verdi.

Bir kara delik en büyük kütleli süpernovaların çökmesi esnasında yaratılır. Nötron yıldızının yaratılışında olduğu gibi, bu işlem sırasında yıldızın merkezindeki demirden oluşmuş çekirdek kendi ağırlığı ile çabucak çöker; bu hızlı çöküş esnasında kuvvetli enerji dalgala-

rı açığa çıkar. Bununla beraber nötron yıldızında, hepsi nötronlara dönüşmüş çekirdekteki madde, yoğun bir top şekline dönüşür dönüşmez bu çökme durur. Bunun aksine, çekirdekteki kütle çökmeyi sürekli kılacak, yani sonsuza değin sürdürecek kadar büyük olduğunda kara delik meydana gelir. Nötronların kendileri, kendi çekiminin çekimsel kuvvetinin basıncı altında toz haline dönüşür, geriye inanılmaz derecede büyük yoğunlukta bir madde kalır.



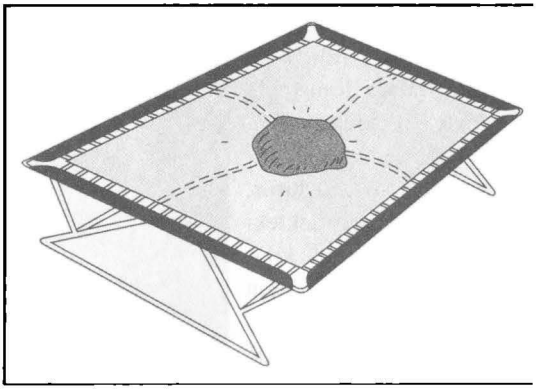
Rölativite alanındaki buluşları ile tanınan ünlü teorik fizikçi Albert Einstein (1879-1955)

Kara delikler çok ağır olduklarından, çok büyük çekimsel alana da sahiptirler. Çekimsel kuvvet öylesine büyüktür ki, hiçbir şey, hatta ışık bile bu cisimden kaçamaz. İşte bu cisimlere "kara" denmesinin nedeni de budur; içlerinden, dış yüzeyinin görünmesini sağlayan hiçbir şeyin çıkmasına izin vermediklerinden görülemezler.

Kara deliklerin dinamiğini ve kendi içlerindeki her şeyin dışa çıkmasını nasıl engelleyebildiklerini anlamak için genel rölativiteyi anımsamak gerekir. Genel rölativite, kara deliklerde olduğu gibi, yıldızlarda ve gezegenlerde de geçerli olan Einstein'ın başarılı çekim kuramıdır. 1916'da Einstein tarafından ortaya konan bu kuram uzay ve zamanın (bir arada uzay-zaman olarak isimlendirilir), büyük kütleli cisimlerin varlığı halinde, şeklinin nasıl bozulduğunu ifade eder. Kısaca, maddenin uzayı eğrilttiğini ve eğrilen uzayın da, içinde hareket eden cisimlerin hareketini etkilediğini gösterir. (Bilimkurgu kitap ve filmlerinde kullanılan yaygın terim "uzay eğriliği" bu prensibin ifade-

sidir).

Şimdi Einstein modelinin nasıl işlediğini gözümüzde canlandıralım. Önce, uzunluk, genişlik, yükseklik olarak bilinen, mekâna ait üç boyut ile beraber zaman dördüncü boyut olarak düşünülmelidir. (Normal üç boyutun dışında kalan dördüncü için bir yön tasavvur etmek zordur; fakat denenmelidir). Sonra uzay-zaman, sıkı sıkıya gerilmiş dev bir trambolinin yüzeyi olarak göz önünde canlandırılmalıdır.

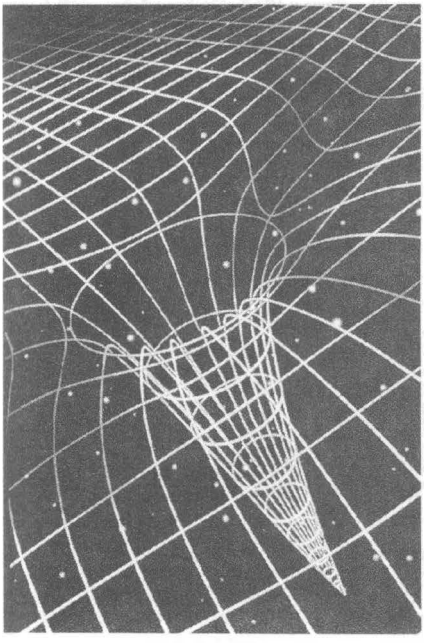


Trambolin üzerine konan taşlar trambolinin şeklini bozar. Benzer şekilde, genel rölativitede ağır cisimler uzay-zamanın yapısını eğer. Bir kara delik öylesine yoğundur ki, uzay-zamanın yüzeyinde yarıklar

Einstein kuramı kütlenin uzay-zamanı eğdiğini göstermektedir. Bu, trambolin yüzeyine bir taş parçası koyarak temsil edilebilir. Taşın ağırlığı gergin yüzeyin azıcık aşağı doğru sarkmasına neden olur. Bununla beraber trambolin esas olarak hâlâ düzdür; sadece altında belli belirsiz bir çukur vardır.

Trambolin üzerine konan taş parçalarının sayısının arttırıldığını düşünelim. Bunun etkisi daha büyük olacağından, yüzeyin pozitif olarak eğrilmesine neden olacaktır. Gerçek şu ki, taş sayısı arttırıldıkça trambolinin eğrilmesi de o kadar fazla olacaktır.

Buna benzer şekilde, evrendeki büyük kütleli cisimler evren yapısının eğrilmesine neden olur. Tıpkı, on tane taşın trambolinin yüzeyini, bir tek taşın yaptığına göre, çok daha fazla eğmesi gibi, Güneş'e göre çok daha büyük kütleli cisimler, uzayı, bir Güneş kütlesi veya daha küçük kütleli cisimlerin eğmesinden çok daha fazla eğerler.



Tam olarak gerilmiş, düz bir trambolin boyunca bir tenis topu yuvarlatılsa, top düz bir yol izler. Bunun aksine, top çukurluğa sahip, kıvrılmış yüzeyde yuvarlatılsa, eğrilmiş bir yol izler. Benzer şekilde, düz uzay-zaman bölgelerinde (madde ağırlığının küçük olması hali) hareket eden cisimler doğru bir yol izlerken, eğrilmiş bölgelerdekiler (madde ağırlığının çok büyük olması hali) eğrilmiş yollar üzerinde hareket ederler.

Benzetmeyi tamamlamak için, şimdi de kara delikleri kuşatan uzay-zaman bölgelerini ele alalım. Bu olağanüstü yoğun cisimleri, trambolin üstüne konmuş iri bir kaya parçası ile temsil edebiliriz. Doğal olarak doku önemli ölçüde etkilenecektir. Yüzey sadece eğrilmekle kalmayacak, sanki parçalanmış gibi gözükecektir. Benzer şekilde, evrenin bir bölgesinde bir kara deliğin var olması, o bölgede evren yapısının birbirinden ayrılmasına, parçalanmasına neden olacaktır. Uzay-zaman yapısındaki bu parçalanmaya tekillik (singularity) denir.

Şimdi de, bir kara delikten neden hiçbir şeyin kaçamayacağını görelim. Üzerine iri bir kaya parçası konmuş trambolin üzerinde yuvarlanan topun, kaya parçası tarafından meydana getirilen deliğe düşeceği açıktır. Aynı şekilde, uzayda, kara delik yakınında hareket eden bir cisim, kara deliğin çekimine yakalanacaktır. Ayrıca kara delik halinde, şanssız cismin geri kazanılması sonsuz miktarda enerji gerektirecektir. Başka bir deyişle, cisim ebediyen kara deliğin içinde kalacaktır.

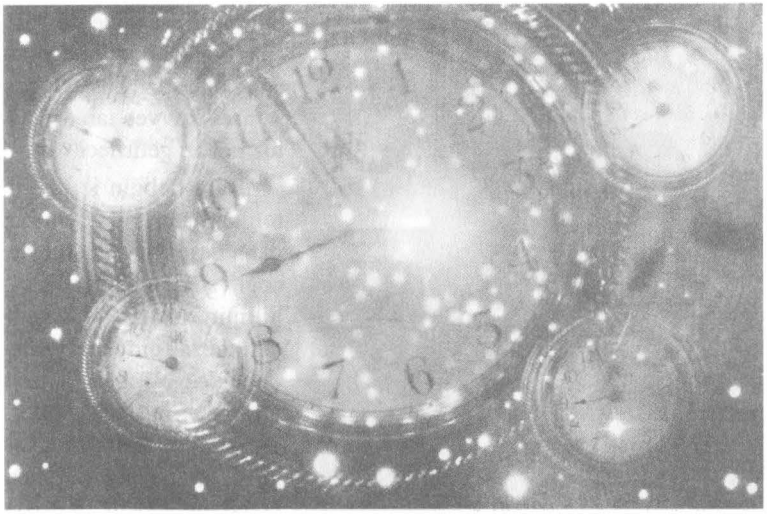
Kara Delikler Zaman Tünelleri midir?

Bir kara deliğin yakın çevresindeki uzay yollarını bozduğu görüldü. Diğer taraftan Einstein hükmüne göre, uzay ve zaman birbirine karışmış olduğundan, böyle cisimlerin yakınında zamanın da sapmaya uğrayacağı sonucu çıkar. Bu nedenle bazı araştırıcılar kara deliklerin zaman makinesi gibi kullanılabileceğini ileri sürmektedirler.

Gerçekten de, bir astronot kara deliğe doğru yola çıkmadan önce uzaygemisine büyük bir saat yerleştirirse, dışardaki bir gözlemci (örneğin uzay istasyonlarından birindeki bir gözlemci olabilir), gemi çökmüş yıldızın yakınına yaklaştıkça, saatin gittikçe yavaşladığını fark edecektir. Aynı şekilde, gittikçe daha yavaş, daha yavaş hareket ediyor gibi, olay ufkunun sınırına asla erişemeyecekmiş gibi görünecektir. Sonunda şaşırtıcı bir durum meydana gelecek, zaman donmuş gibi olacaktır.

Astronotun bakış açısına göre ise, bu olay oldukça farklı bir şekilde gelişecektir. Gemideki saat her zamanki hızı ile tik taklarını sürdürecektir. Böylece astronot, karanlık cehennemin içine hızla dalmasını geciktirecek bir şansa sahip olmayacaktır. Hatta olay ufkunun içinden geçtiği anı bile fark edemeyecektir. Fakat ne yazık ki, bu noktadan itibaren kara deliğin içine saplanmış olacaktır.

Bununla beraber, gemi aşağı doğru inerken, üstündeki uzayı gözleyebildiğini varsaydığımız talihsiz astronot, gemiden dışarı bakarken, zaman içinde her şeyin hızının arttığını görecektir. Bütün gelecek öyküsü gözlerinin önünden bir anda çakıp geçecektir. Fakat artık böyle bir zaman yolculuğu anlamsızdır. Çünkü, evrenin geri kalanı ile iletişimi bitmiştir. Bunun yerine yok olma hükmü verilmiştir (ta ki, gemisini zaman etrafında döndürmeyi başarabilsin). Özet olarak, bir astronot bir kara deliğin olay ufku yakınında bir çeşit zaman yolculuğu dencyiminde bulunmuş olsa da, bu yolculuğun sonunun ölüm olacağı bellidir ve bu nedenle yolculuk anlamsızdır.



Bir kara deliğin olay ufkuna yaklaşmakta olan saatler, dışardaki bir gözlemciye yavaşlıyor gibi görünecektir. Olay ufkuna yaklaştıkça tik taklar arasındaki zaman farkı gittikçe büyüyecektir. Son tik sesi sonsuz zaman sonra, saatler tam olay ufkuna eriştiğinde vuracaktır.

Ebediyete kadar içinde kalma riskine girmeden, bir kara deliğin ne kadar yakınına yaklaşılabilinir? Yani, çekimine yakalanmadan dışarı kaçabilecek kadar yaklaşılabilecek en yakınına. Bu cisimlerde geri dönüşü olmayan noktaya olay ufku denir. Bu, kara delikle aynı merkezli küresel bir zarf olup, bu zarfın yarıçapına Schwarzachild yarıçapı adı verilir. Schwarzchild yarıçapı sadece ve sadece kara deliğin kütlesine bağlıdır. Örneğin kütlesi, Güneş kütlesi kadar olan bir kara delik için bu yarıçap iki milden daha kısadır. Bundan dolayı merkezinden iki mil uzaklığın daha ötesine gitmesine cesaret etmemek gerekir; aksi halde kendisini cehennemde bulacaktır.

Eğer biri, bir kere olay ufkunun içine girerse, artık dönüşü yoktur. Uzay-zaman tekilliğinin yer aldığı ölü delik merkezine doğru çekile-



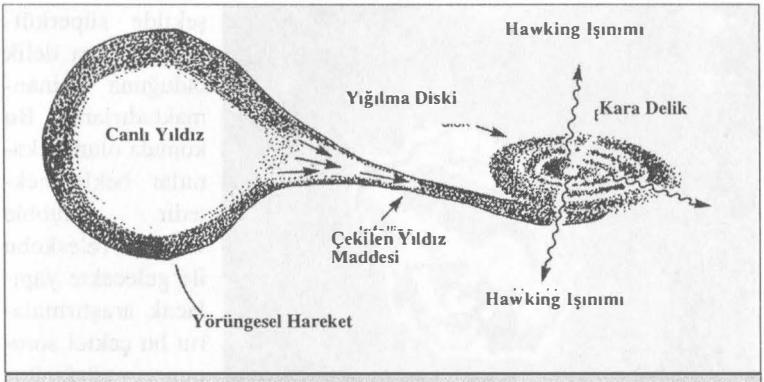
İngiliz kozmolog Stephen Hawking.

bilecektir. Saniyenin küçük bir kesri içinde oradaki sonsuz büyük çekimsel kuvvet tarafından toz haline getirilecektir.

Kara deliğin içine giren herhangi bir şeyin bir daha orayı terk edemeyeceği söylenmişti. Fakat biliminsanları şimdi kara deliklerin, oldukça yavaş olmakla beraber, enerji yaydıklarını fark ettiler. Bu nasıl olabilir? İnlü İngiliz fizikçisi Stephen Hawking 1974 yılında kara deliklerin sıfırdan farklı bir sıcaklığa sahip olduklarını gösterdi ki bu, uzayın derinliklerindeki sıcaklıktan daha yüksek bir değerdir. Çevrelerinden daha sıcak olan bütün cisimlerin çevrelerine ısı yaydığı bilinmektedir; ve tabii bu konuda kara deliklerin bir ayrıcalığı olmaması gerekir. Bununla beraber, tipik bir kara deliğin bu şekilde tümü ile buharlaşıp yok olması (enerjisinin tümünü vermesi) milyarlarca defa milyarlarca yıl sürer. Bir kara deliğin yayınladığı enerjiye Hawking ışınımı denir.

"Kara delik" terimi toplumda en iyi tanınan astronomik terimlerden biridir. Böylesine iyi tanınması nedeni ile, herhangi biri onlar hakkında, gerçekliliği tartışılmaz cisimler diye düşünebilir. Oysa uzun bir süre kara delikler sadece kuramsal cisimler olarak kabul edilegelmişti. Matematiksel yapı açısından bakıldığında, yüksekokul öğrencileri için zor ödev veya bundan biraz daha önemli konular olarak görüldüler.

Bununla beraber yakın zamanlarda, uzayda kara deliklerin varlığı-

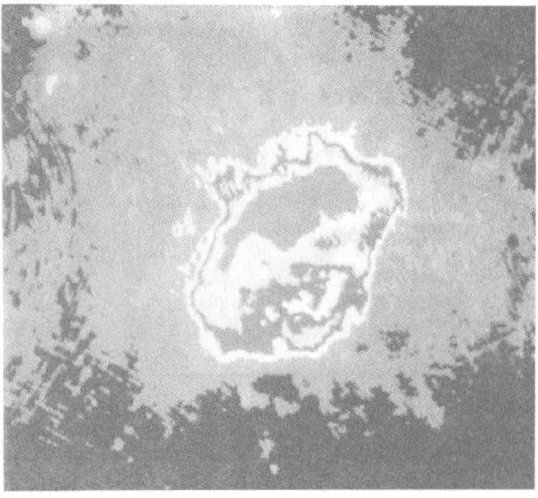


Eğer canlı bir yıldız bir kara deliğe yeterince yakın komşu olma şanssızlığına uğramışsa, yıldız maddesi sürekli olarak çekilir. Bu madde, kara deliğin merkezine doğru akarken, parlayan enerji verir.

nı gösteren kanıtların sayısı oldukça artmıştır. Fakat ne olursa olsun, kara deliller görünmeyen cisimler olduğundan, varlıkları dolaylı olarak ispatlanmıştır; olay ufkuna düşen maddeden yayınlanan ışınım aracılığı ile kendilerini ele vermişlerdir. Kara deliklerin bu yöntemle keşfedilmeleri, alev gölgelerini gözleyerek bir kamp ateşinde yanan korların bulunmasına benzer.

1994 yazında Hubble Uzay Teleskobu ile M87 olarak bilinen galaksi merkezinde süperkütleli bir karadeliğin varlığını gösteren kuvvetli bir kanıt bulundu. M87, 50 milyon ışık-yılı uzaklıktaki Virgo galaksikümesine ait bir galaksidir. Teleskobun geniş açılı kamerası ile elde edilen görüntüler orada, inanılmaz hızlarla hareket eden, büyük miktarda parlak yıldızlararası gazın var olduğunu göstermektedir. Bu yüksek hızlı bulutlar, birkaç yüz milyar mil çapından daha küçük bir bölgeye hapsolmuş, iki milyar Güneş kütlesine sahip, çok yoğun bir cisim tarafından ortaya konmuşa benzemektedir. Bu olağandışı büyük yoğunluk M87'nin çekirdeğinde süperkütleli bir kara delik varlığının kuvvetli kanıtıdır.

Birçok teorisyen, bizim kendi galaksimizin merkezinde de, aynı



Bir galaksi merkezindeki kara delik.

şekilde süperkütleli bir kara delik olduğuna inanmaktadırlar. Bu konuda olumlu kanıtlar beklenmektedir. Hubble Uzay Teleskobu ile gelecekte yapılacak araştırmaların bu çekici sorunun çözümüne yardımcı olacağını umut etmektedirler.

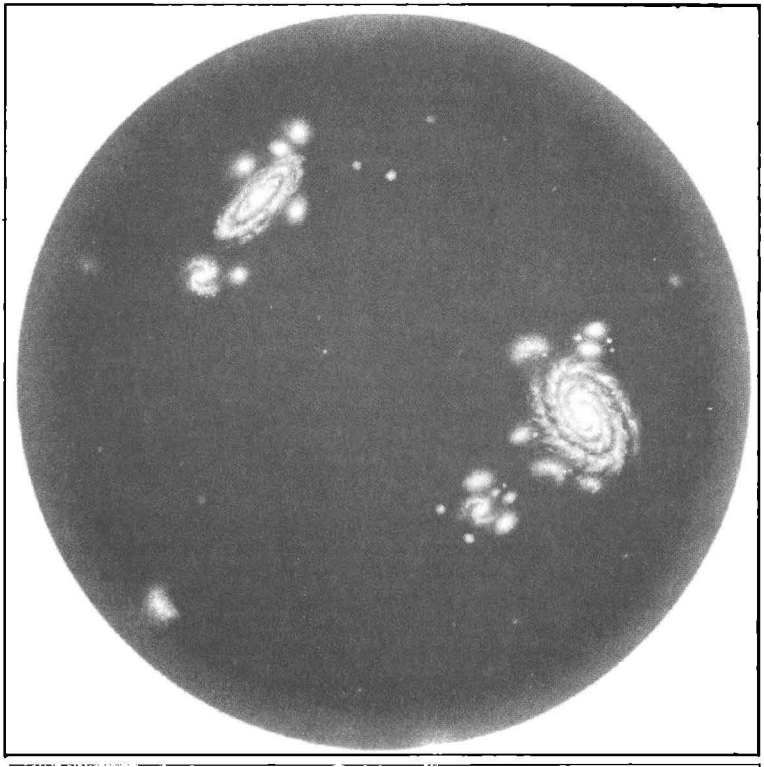
BÖLÜM BEŞ

GALAKTİK DÜZEN

Hubble Uzay Teleskobu'nun, çok yakın zamanlarda, içinde bir kara delik barındırdığını saptadığı M87 gibi cisimler Dünya'mızdan milyonlarca ışık-yılı uzaklığındadırlar. Yani, Samanyolu sınırlarının çok ötesindedirler ve tabii ki, Samanyolu'na ait olmayıp, kendi başlarına buyruk, bağımsız galaksilerdir.

Çok ilginçtir ki, astronomlar Samanyolu dışında da galaksilerin var olduğunu, ancak çok yakın zamanlarda öğrenmişlerdir. Galaksileri gözlemişler, fakat onları, uzun yıllar, Samanyolu içinde bulunan ve nebülöz olarak isimlendirilen gaz bulutları sanmışlardır. Nebülözlerin, değişik şekil ve büyüklükte bulutumsu yapılar olarak bütün gökyüzüne dağılmış olduğu bir teleskop yardımı ile görülebilir.

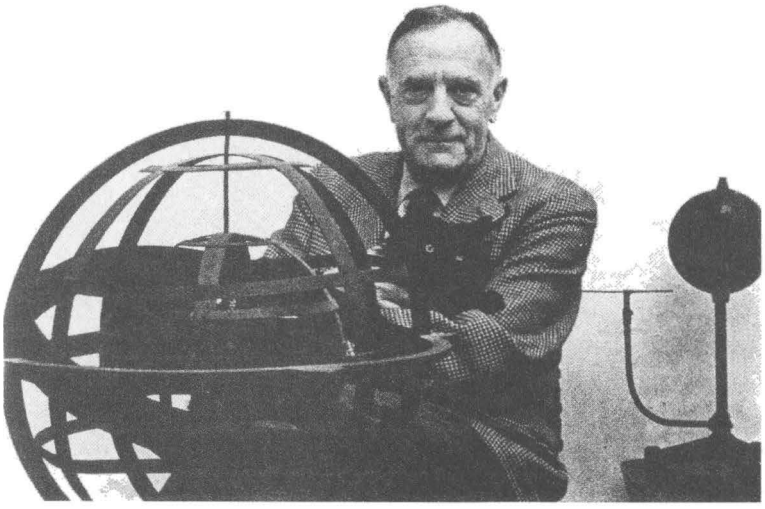
Ancak 1920'li yıllarda genç astronom Edvin Hubble bu "nebülözlerin" uzaklığını ölçmüş ve bunların kendi galaksimiz içinde olama-



Bazı Lokal Grup üyelerinin temsili şekli, Lokal Grup Samanyolu'nu da içine alan galaksi kümesidir.

yacağını ispat etmiştir. Hubble, iki Dünya savaşı arasına rastlayan dönemde, Mount Wilson'daki Hooker teleskobunu kullanarak bu cisimlerin çoğunu saptamayı ve haritalarını yapmayı başarmıştır. Uzaklıklarını hesaplamak için de, Sefeit değişen yıldızları tekniği olarak bilinen yöntemi kullanmıştır.

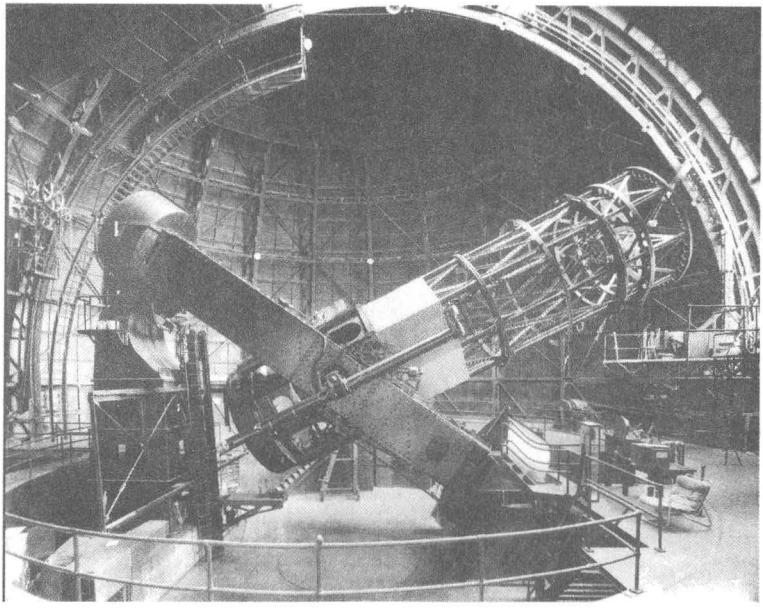
Sefeit değişen yıldızları, astronomik ölçümlerde çok yararlı olan bir özelliğe sahiptirler; parlaklıkları periyodik olarak artar ve azalır ve



Evrenin genişlemesini keşfeden önder Astronom Edwin Hubble.

peryodun süresi mutlak parlaklığa bağlıdır. Böylece peryodun ölçümü ile Sefeit'in mutlak parlaklığı da bilinmiş olur. Tabii sonra bu mutlak parlaklık değeri görünen parlaklığı ile karşılaştırılarak, Sefeit'in ne kadar uzakta olduğu kolaylıkla bulunur. Bu nedenle Sefeitler "standart parlaklık ölçeği" olarak bilinir ve kullanılırlar. Kısaca, parlaklıklarının değişik olması, onların önemli ve kalıcı uzaklık göstergeleri olmalarını sağlamıştır.

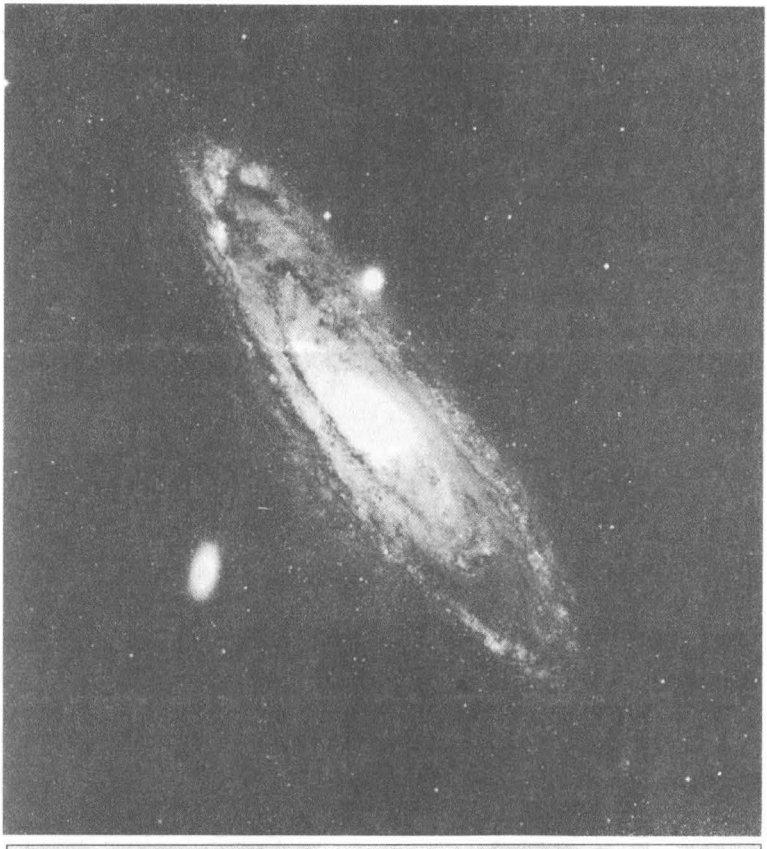
Daha iyi anlamak için, şöyle bir benzetme yapılabilir: Uzun, esintili bir koridorun başında durduğunuzu varsayın. Koridor boyunca, parlayan, her biri aynı parlaklıkta meşaleler sıralanmış olsun. Birden, bir rüzgâr esintisi ile, biri dışında, diğer bütün meşalelerin parlaklıkları azalsın. Meşalelerden her birinin geriye kalan alevinin parlaklığını, parlaklığı değişmeyen meşale ile, yani standart parlaklıkla mukayese ederek, uzaklığı bulunabilir. İşte astronomlar, Sefeitlerin uzaklığını saptamak için parlaklıklarından bu şekilde yararlanırlar.



Los Angeles yakınlarında Mount Wilson Gözlemevi'ndeki Hooker telestobu.

Hubble Sefeit değişen yıldızları yöntemini ilk olarak Andromeda nebülözü olarak bilinen spiral şekilli cisme uyguladı. 1924'te Andromeda'da bir düzine kadar Sefeit saptadı ve bunların parlaklık değişimi özelliklerini uzaklıklarının ölçümünde kullandı. Andromeda'nın yaklaşık olarak bir milyan ışık-yılı uzaklığında, yani, Samanyolu'ndan Samanyolu çapının 10 katı uzaklıkta olduğu sonucunu buldu. Böylece Andromeda'nın çok uzakta olduğunu, dolayısıyla, önceki tahminlerden çok daha büyük olduğunu ispatlamış oldu. Bulduğu yeni uzaklığa göre, büyüklüğü yeniden hesaplandığında, galaktik boyutta olduğu ortaya kondu. Bugün Andromeda'nın hem büyüklük hem de görünüm olarak kendi galaksimize benzeyen en yakın galaksi olduğunu bilmemizi Hubble'a borçluyuz.

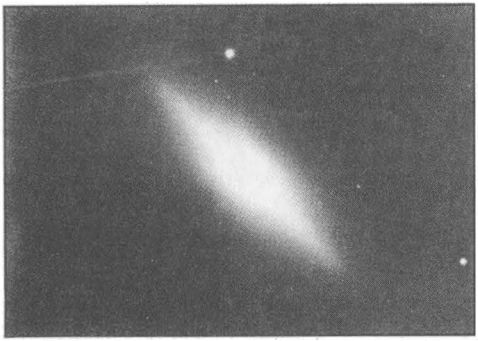
Tabii başka galaksiler de vardır ve hatta daha küçük olanlardan

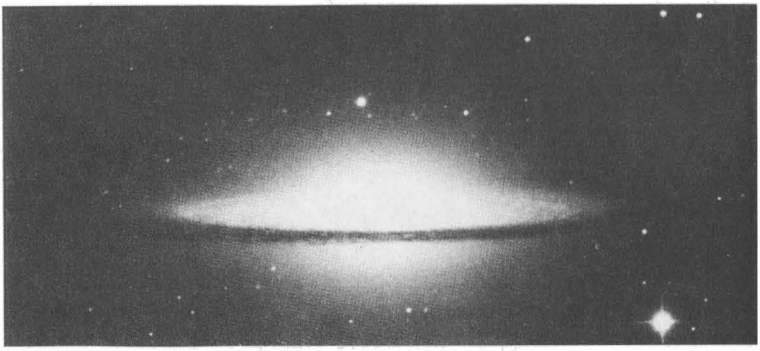


Andromeda, kendi galaksimize en yakın spiral galaksidir.

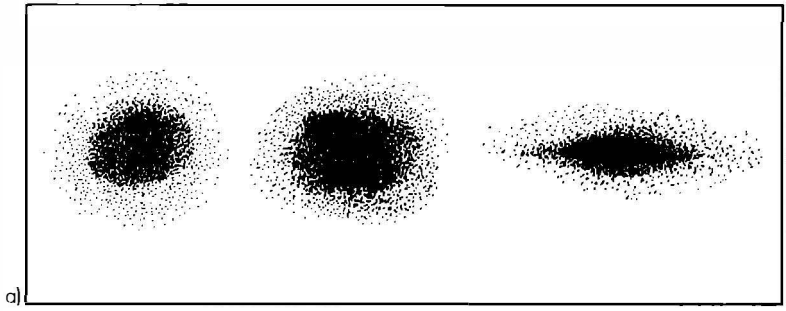
bazıları bize Andromeda'dan daha yakındır. Uzun yıllar Macellan Bulutları olarak isimlendirilen iki yapının bize en yakın "uzay adası" olduğuna inanıldı. İki tanesinden biri, Büyük Macellan Bulutu bize daha yakındır ve Samanyolu'na sadece 170 000 ışık-yılı uzaklığında düzensiz şekilli galaksidir. Aslında hem Büyük Macellan Bulutu, hem de Küçük Macellan Bulutu, tıpkı bir kayışa bağlı köpekler gibi, Sa-

Uzaya yayılmış galaksiler, (a) eliptik, (b) spiral, (c) çizgili spiral veya düzensiz şekilli olabilirler.

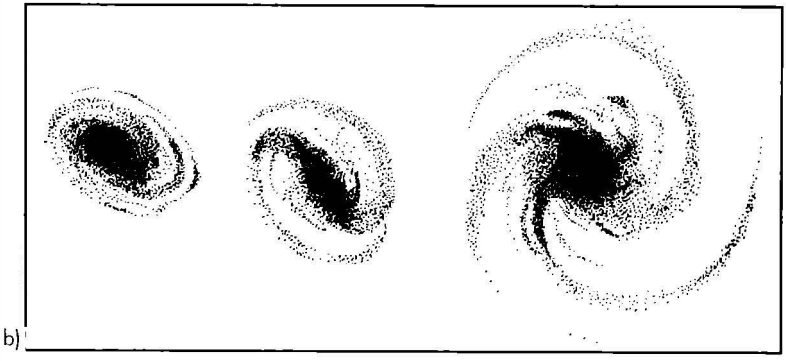




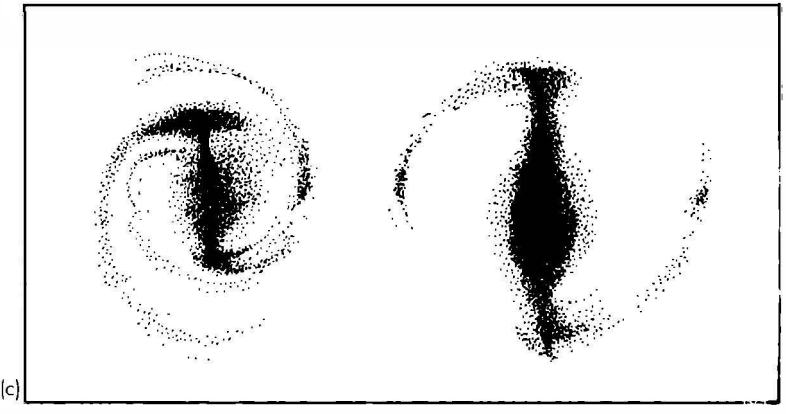




a)



b)



(c)

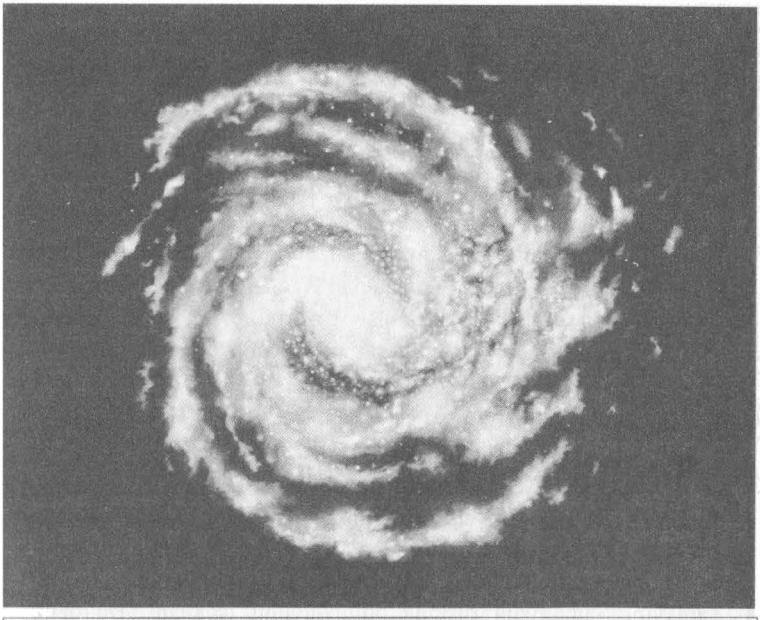
Samanyolunun Şekli

Biz Samanyolu'nun spiral kollarından birinin dış kısımlarında yaşamaktayız. Astronomlar bu özel noktanın dışına çıkıp, galaksimize üstten bakma olanağına sahip olmadıklarından, onun bir bütün olarak neye benzediğini, ancak içerden gördüklerini yorumlayarak tahmin edebilirler. Geçen asır boyunca elde edilen teleskopik bulgular Samanyolu şeklinin spiral galaksiye benzediği sonucunu vermişti.

Bununla beraber 1995'te, doğruluğundan hemen hemen hiç kuşku duyulmayan, uzun zamandır kabul gören bu görüşün sınanması gerekliliği ortaya çıktı. Çekimsel mikromercek adı verilen yeni bir analiz şekli, galaksinin haritasını yapmada kullanıldı ve en geniş kapsamlı sonucunu ortaya koydu. Amerikalı, İngiliz ve Avustralyalı bir araştırmacı ekibi, beklentilerin aksine, Samanyolu'nda yumurta sarısına benzer çekirdek yerine, çizgili bir merkez olduğunu buldu.

Çekimsel mikromercek genel rölativite gerçeğine dayanır; yani, maddenin varlığı uzayı eğriltir ve bu uzayda hareket eden ışığın yolunu etkiler. Bu şekilde, büyük kütleli cisimler dev merceklerin etkisini gösterir; içinden geçen ışınımları eğerek, uzak cisimlerin bozulmuş görüntülerini yaratır.

Bu durumda, Büyük Macellan Bulutu tarafından yayınlanan ışık, bize ulaşana kadar, arada bulunan yıldızların etkisi ile eğrilir. Kendi galaksimizdeki yıldız maddesi bu ışığın yolunu eğer ve Büyük Macellan Bulutu'nun görünen yolunu hafifçe değiştirir. İşte bu etki araştırmacı ekip tarafından analiz edilmiş ve Samanyolu'nun tam şeklinin ortaya konması için kullanılmıştır.



Samanyolunun şekli; merkezinde kısa bir çubuk olan spiral galaksi.

manyolu'na çekimsel olarak bağlı uydu galaksilerdir.

1994'de Cabbridge Üniversitesi'nden Rodrigo Ibata, Mike Irvin ve Gery Gilmore Avustralya'daki Schmidt Teleskobu'yla çalışırken, Macellan Bulutları'ndan daha yakın bir galaksi keşfettiklerini duyurdular. Sagittarius Cücesi adını verdikleri bu galaksi, galaksimizin merkezinden ancak 50 000 ışık-yılı uzaklıktadır. Bize öylesine yakındır ki, birkaç yüz milyon yıl gibi bir zaman içinde Samanyolu'na düşmesi ve yutulması kaçınılmazdır.

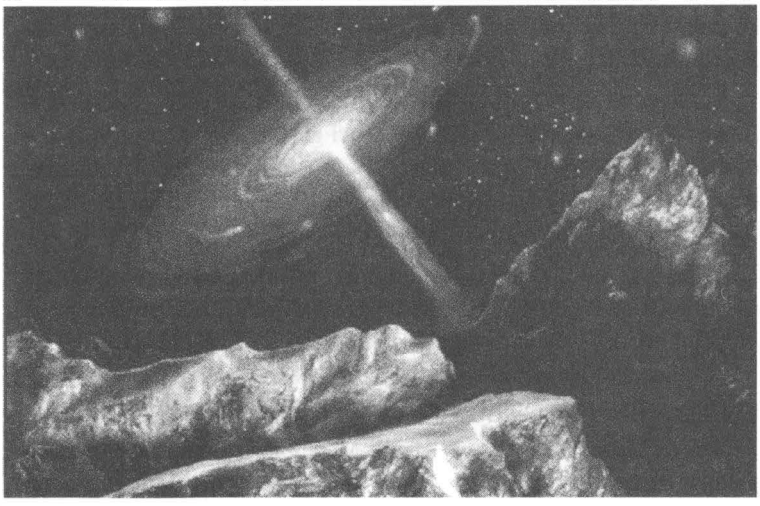
Böylesine yakın bu sistem şimdiye kadar acaba neden keşfedilmemiştir? Bu sorunun yanıtı çok açıktır: Sagittarius Cücesi galaksimizin merkezindeki şişkin bölgenin, Dünya'mıza göre, diğer tarafındadır. Bu şişkin bölgede çok büyük miktarda, son derece büyük kütleli

Kuasarlar

Milyarlarca yıldızı ile galaksilerin evrende en parlak, en enerjik oluşumlar olduğunu düşünebiliriz. Oysa öyle değildir. Uzayın derinlerinde öyle enerji kaynakları vardır ki, oldukça yoğun cisimler olduğu kabul edilen bu cisimler yüzlerce galaksi şiddetindedirler ve "yıldıza benzer radyo kaynakları" anlamına gelen kuasarlar olarak isimlendirilirler. (Fakat bu isimlendirme hatalıdır, çünkü radyo sinyali yayınlamayan kuasarlar da vardır ve bunların sayısı az değildir).

Kuasarlar 1963 yılında Hollandalı astronom Maarten Schmidt tarafından bulundu. Schmidt o günlerde Mount Wilson Gözlemevi'nde 3C 273 olarak bilinen oldukça parlak ve net radyo kaynağını gözlemekteydi. Bu cismin aslının Samanyolu içinde bulunan bir yıldız olduğu düşünülmüştü. Fakat Schmidt, elde ettiği gözlem bulgularıyla, bunun 2 milyar ışık-yılı uzaklıkta olduğunu hesaplayıp, Samanyolu dışında bulunduğunu ispatladı. Bu denli uzak olduğunu anlayınca da, mutlak parlaklığını hesapları ve yüzlerce milyon yıldızın toplam parlaklığına erişen bir parlaklık buldu. Bu buluşun ardından daha yüzlerce kuasar bulundu.

Hiç kimse bu kuvvetli ışık kaynaklarının kökenini kesin olarak bilmemektedir; bazı kuramsal görüşler ileri sürülmektedir. Bunların, oluşum aşamasındaki genç galaksilerin parlak, yoğun çekirdekleri olduğu görüşü, en geçerli teori olma özelliğini sürdürmektedir. Şiddetli akım gücünün ise, kara deliklere dayanan bir modele göre oluştuğu düşünülmektedir. Buna göre, şiddetli akım, çekirdeğin merkezine yerleşmiş süper yoğun kara deliğin içine çekilen madde akımı esnasında ortaya çıkmaktadır. Gazlar kara deliğin içine akarken, çekimsel enerji fazlası ışınım olarak yayınlanmaktadır. Böylece, böylesine küçük kaynakların, nasıl böylesine kuvvetli ışık verebildikleri açıklanabilmektedir.



Bir kuasar.

yıldızlar vardır ve bu yıldızlar, yıldızlararası gaz ve tozun ortaya koyduğu kalın, puslu bir ortamla kuşatılmıştır. Bu yoğun ortam nedeni ile, merkezdeki şişkinliğin arkasından çok az şeyin görülebilmesi şaşırtıcı değildir.

Yeni galaksiler keşfetme amacı ile biliminsanları, çok yönlü optikfiber-spektrograf adını verdikleri bir araç geliştirdiler. Bu araç uzak yıldızların radyal hızlarını (Dünya'ya göre hızlarını), yıldızın yayınladığı ışık frekanslarındaki kaymaları ölçerek bulur. (Bu konu, altıncı bölümde tartışılacak olan, frekans ve hız arasındaki ilişkiyle ilgili Doppler olayına dayanır).

Cambridge ekibi bu aracı, Samanyolu merkezindeki şişkin bölgedeki, bir milyonun üstünde yıldızın radyal hızını saptamak için kullandı. Bu yıldızların yaklaşık yüz tanesinden oluşan bir grubun uyumlu bir hareket içinde olduğu görüldü. Ayrıca bu grubun temel yapısının da aynı özellikleri taşıdığı anlaşıldı. Bu bulgulardan hareket-

le, astronomlar, bunların Samanyolu'na ait olmadığı, yeni galaksiye, Sagittarius Cücesi'ne ait olmaları gerektiği sonucunu çıkardılar.

Şimdiye kadar değişik tipte galaksilerden söz edildi: spiraller, düzensizler ve cüceler. Bunlardan ilk ikisi galaksilerin şeklini tarif eder; üçüncüsü ise büyüklüğünü. Böylece cüce spiraller ve cüce düzensiz galaksiler olduğu gibi, dev spiraller ve dev düzensizler de olacağı açıktır.

Spiraller, kalın, küresel bir merkezi şişkinliği saran spiral kolların meydana getirdiği disk şeklindedir. Görünümleri, bir meşalenin hızlı olarak döndürüldüğünde oluşan şekle benzer. Her yaştan yıldız içerirler; genç Populasyon I yıldızlarını da, yaşlı populasyon II yıldızlarını da. Andromeda bu tip galaksiye çok uygun bir örnektir.

Diğer taraftan, Büyük ve Küçük Macellan Bulutları gibi düzensiz galaksiler, herhangi bir tarife uymayan, şekilsiz görünüme sahiptirler. Daha çok yaygın bir şekil gösterirler; belki de komşu galaksilerin çekimsel kuvvet etkisi ile şekilleri bozulmuştur. Böyle bir durum Macellan Bulutları'nda kendini göstermektedir; Samanyolu tarafından uygulanan çekimsel kuvvetle tam anlamı ile parçalanmışlardır.

Diğer galaksi şekillerini ifade eden sınıflar eliptik galaksiler ve çizgili spirallerdir. Eliptik galaksiler en yaygın tip olup, bir eksen etrafında dönen, oval veya küresel şekilli galaktik toplara benzerler. Yeni yıldız oluşumunu sağlayacak gaz içermediklerinden veya çok az içerdiklerinden, hemen hemen sadece yaşlı, yani populasyon II yıldızlarından ibarettirler. Tipik eliptik galaksiler oldukça küçüktürler; çoğu da cücedir.

Düzenli galaksi tiplerinin az rastlananı olan çizgili spirallerin normal spirallerden farkı, merkez bölgede parlak, çubuk şeklinde bir yapıya sahip olmasıdır. Galaksinin spiral kolları, bu parlak çubuğun iki ucundan çıkarak, merkezdeki parlak, şişkin bölgenin etrafını sarar. Bugüne kadar hâlâ böyle bir çubuğun varlığının nedeni anlaşılamamıştır.

Samanyolu'nun normal bir spiral olarak resmedilmesi gelenek ol-

muştur. Görünüm olarak Andromeda'ya oldukça benzer olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber, yakın zamanlarda çizgili spiral olabileceğine ilişkin bazı işaretler ortaya çıkmaktadır.

Evrende en az 50 milyar galaksi vardır. Oldukça yakın zamanlara kadar astronomlar bu sayının sadece 10 milyar dolaylarında olduğunu kabul etmekteydiler. Ancak 1996'da Hubble Uzay Teleskobu'nun sağladığı mükemmel görüş gücü galaksi sayısı tahminlerini temelden değiştirmiştir.

Bu olağanüstü sonuçlar, Baltimore'deki Uzay Teleskobu'nun Bilim Enstitüsü araştırıcıları tarafından Hubble Teleskobu'nun geniş açılı kamerası kullanılarak elde edildi. Büyük Ayı takımyıldızı yöresinde çok ince bir gökyüzü dilimini büyüterek, o küçücük bölgede, o zamana kadar hiçbiri görülmemiş olan binlerce galaksi saptadılar. İstatistik olarak bu, evrenin düşünüldüğünden çok daha kalabalık olduğuna işarettir.

Uzayda galaksiler düzenli bir şekilde dağılmazlar. Daha çok topluluklar oluşturma eğilimindedirler. Örneğin Samanyolu ile birlikte, değişik şekil ve büyüklükte birtakım galaksiler çekimsel kuvvetle bir birlerine gevşek bir şekilde bağlı bir topluluk oluşturur. Bu toplulukta Andromeda, Macellan Bulutları, Sagittarius cücesi yanı sıra birkaç düzine daha galaksi vardır ki, böyle bir topluluğa galaksi kümesi adı verilir. Bu kümelenmiş galaksiler uzayda yol alırken, uyum içinde hareket ederler. Yani, üyeler birbirlerinden ayrılmaz, kendi başlarını alıp gitmezler. Ne kadar yol alırlarsa alsınlar, beraberliklerini korur, küme özelliklerini kaybetmezler.

Uzayda galaksilerle dolu geniş mekânları içine alan çok sayıda küme vardır. Bizim içinde bulunduğumuza Lokal Grup (veya Yerel Grup) denir. Binin üzerinde galaksi içerenler de vardır ki, bunlardan biri Virgo Kümesi (50 milyon ışık-yılı uzaklığında olduğu tahmin edilmektedir), bir diğeri de Coma Kümesidir (uzaklığının 300 ile 450 milyon ışık-yılı arasında olabileceği tahmin edilmektedir).

Galaksilerin ve kümelerin aslı nedir? Her zaman şimdiki yapıları-

na mı sahiptirler? Yoksa, şimdiki yapılarına daha ilkel bir yapıdan gelişerek mi vardılar? Bu sorulara yanıt vermek için, evrenin erken dönemlerine ilişkin durumun incelenmesi gerekir.

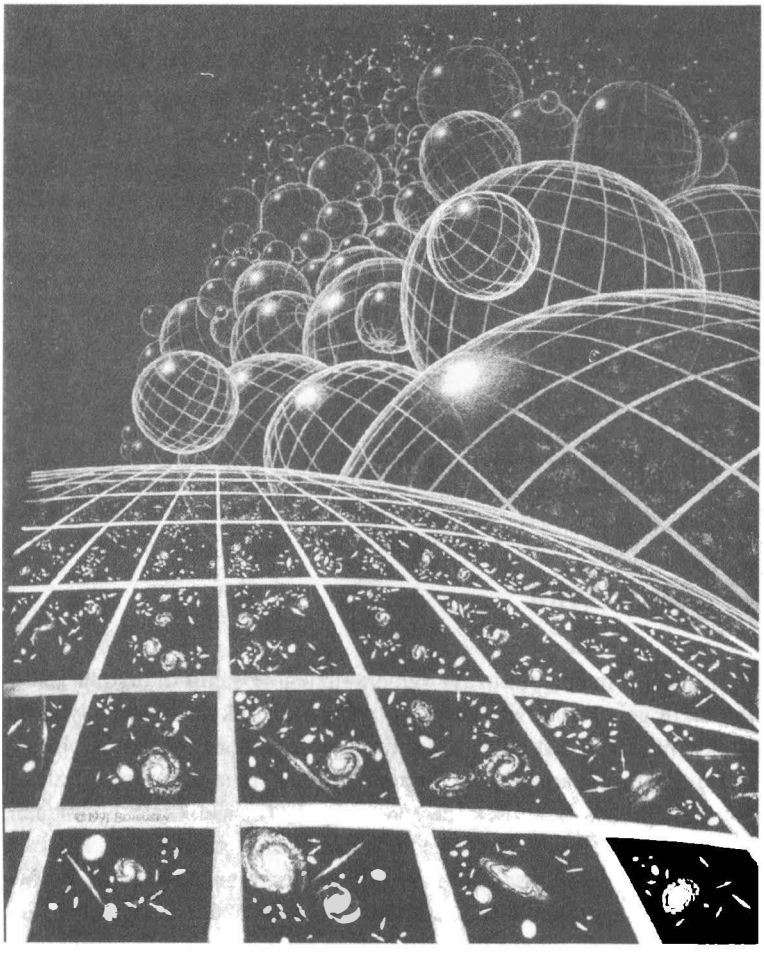
Kozmologlar evrenin bir zamanlar bugünkünden çok daha küçük ve sıcak olduğuna inanırlar. İşte bugünkü evrenin ayrıntıları, bu yoğun ve sıcak kazanın içinde işlenmiştir.

BÖLÜM ALTI

ZAMAN TETİĞİ

Einstein, maddenin uzayı eğme yeteneğine sahip olduğunu gösteren etkin genel rölativite kuramını ortaya koyduktan sonra, büyük bir istekle modelini test etme yollarını ve ondan sonra uygulama olanaklarını araştırmaya başladı. Uygulama olmaksızın kuramının, fiziksel bir gerçeği doğru bir şekilde temsil ettiği fazla dikkate alınmadan, okullarda matematik dersleri için bir alıştırma ödevi olarak kalacağı düşüncesindeydi. Oysa kendisi modelinin evrenin davranışını bir bütün olarak tarif edebileceği umudunu taşıyordu. Bu amaçla 1917'de, evrenin yapısını genel rölativistik bakış açısı ile gösteren yapıyı ortaya koydu; yani, zamanla evrenin nasıl göründüğünü matematik yolla ifade etti.

İşlevsel bir kozmoloji şekli elde etmek için yaptığı ilk girişim, kendi görüşüne göre, başarısızlıkla sonuçlandı. Matematiksel denklemlerini uzayın bütününe uyguladığında, belli bir çözüm olmadığını



Evrenin sabunköpüğü veya süngere benzer yapısını gösteren "Kabarcık Evreni" ifadesinin temsili şekli.

görüp, dehşete kapıldı. Çünkü hiç beklemediği bir durumla karşılaşmıştı. Modelinde uzaya ait uzaklıklar, sabit kalacak yerde, duruma bağlı olarak, büyüme veya küçülme eğilimi göstermekteydi.

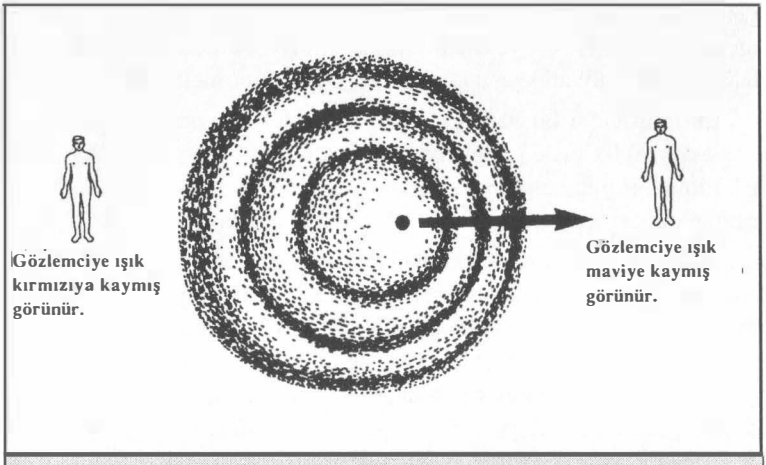
Einstein ciddi bir hata yaptığını düşündü. Evrende iki nokta arasındaki uzaklık neden değişmiş olabilirdi ki? Uzayın büyümesi veya ıslatılmış bir yün battaniye gibi küçülmesi olamazdı ki. Böyle bir durumun olması için geçerli fiziksel bir neden yoktu.

"Hatasını" düzeltmek için denklemlerine fazladan bir terim ekledi. Kozmolojik sabit olarak isimlendirilen bu ek terim, denklemlerin sabitleşmesini sağladı ve evrende uzaklıkların zamanla değişmeyeceğini garanti etti. Yani bu ekleme ile durumu idare etmiş oldu. Uzayda gördüğü doğal sakinliği korumak için daha iyi başka bir yol olmadığından, yaptığının doğru olduğunu düşünüyordu.

Einstein evreni olarak bilinen değiştirilmiş modelini ortaya koymasından yıllar, yıllar sonra, evrenin gerçekten genişlemekte olduğunu gösteren deliller olduğunu öğrenen Einstein çok şaşırmıştır. 1920'li yılların başlarında toplanan gözlemsel bulgular evrenin sabit durmadığını, aksine gittikçe genişlediğini göstermekteydi. Bunları öğrenen Einstein, modeline eklediği "kozmolojik sabit" için büyük pişmanlık duydu ve bunun yaşamının en büyük yanılgısı olduğunu kabul etti.

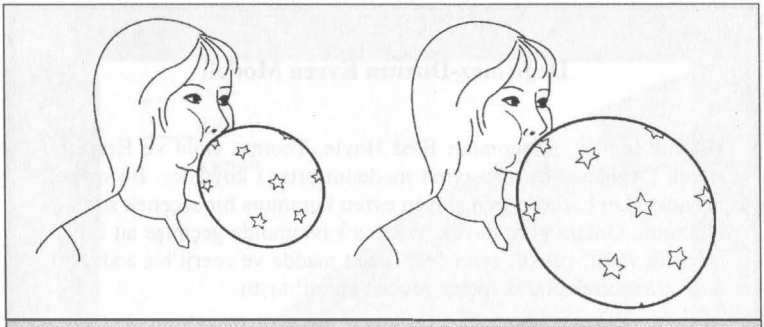
Evrenin genişlediğini gösteren belirtiler, Edwin Hubble ve Vesto Melvin Slipher'in galaksilerin uzaklıkları ve hızları ile ilgili kapsamlı çalışmaları sonucunda ortaya çıktı. 1924'te Hubble, galaksilerin Samanyolu'ndan ne kadar uzak olduğunu saptamak için Sefeit değişen yıldızları yöntemini kullandı. Bu yönteme göre, herhangi bir galaksiде bir Sefeit saptandığında, bu Sefeitin parlaklık değişiminden peryodu, peryodu ile mutlak parlaklığı arasındaki ilişkiden yararlanarak da mutlak parlaklığı bulunur. Görünen ve mutlak parlaklık değerleri yardımı ile de uzaklığı, dolayısı ile ev sahibi galaksinin uzaklığı da bulunmuş olur.

Hubble galaktik uzaklıklarla ilgili çalışmalarını sürdürüp, uzaklı-



Hareketli cismi temsil eden merkezdeki nokta ile gösterilen Doppler olayı dalgaların (ışık veya ses) görünen frekansındaki kaymadır. Cisim gözlemciden uzaklaşıyorsa kırmızıya kayma, yaklaşıyorsa maviye kayma görülür. Galaksi Samanyolu'ndan (ve Lokal gruptan) ne kadar uzaksa, ışığı spektrumun kırmızı tarafına o kadar daha fazla kayar.

ğı saptanmış galaksi sayısını arttırırken, tam o sıralarda, Arizona'daki Lowell gözlemevinde çalışan Slipher, galaksilerin spektroskopik analizini yaparken çok dikkat çekici bir keşifte bulunuyordu. Slipher bazı uzak galaksilerin ışığını analiz ederek, yayınlanan ışığın dalga boylarını saptamaya çalışıyordu; amacı galaksilerde hangi elementlerin var olduğunu bulmaktı. Hidrojen, helyum, lityum vb. gibi bir elin parmakları kadar olan kimyasal elementlerin her biri karakteristik dalga boylarında spektrum verir ve hemen tanınır. Farklı dalga boylarındaki ışığın farklı renklerde olması nedeni ile, tipik bir spektrum kendini gökkuşağı olarak gösterir. Çok garip bir şekilde Slipher, gözlediği galaksilerde, ışığın çok belirgin olarak spektrumun uzun dalga boyu (kırmızı) tarafına doğru kaymış olduğunu buldu. Başka bir deyişle, turuncu renkte olmasını beklediği ışığı kırmızı, sarı renkte beklediğini turuncu olarak gördü.



Uzay, şişirilen bir balon gibi, her yöne doğru genişler.

Slipler bunun Doppler olayından kaynaklandığını hemen anladı. Bu olay 1842'de Christian Doppler isimli Viyanalı bir biliminsanı tarafından keşfedilmiştir ve hareketli bir kaynaktan gelen ışığın dalga boyundaki ve frekansındaki kaymayı gösterir. Doppler'in ifadesine göre, gözlemciden uzaklaşmakta olan bir kaynaktan gelen ışık spektrumun kırmızı tarafına doğru, yaklaşmakta olandan gelen ise mavi tarafı doğru kayar. Ayrıca cismin uzaklaşma hızı büyükse kırmızıya kayma da o kadar büyük, aynı şekilde yaklaşma hızı ne kadar büyükse, maviye kayma da o kadar büyüktür. Aynı durum, çok iyi bilinen bir olayda da söz konusudur; hızla yaklaşan bir polis arabası sireninin sesi yüksek perdeden, uzaklaşanınkinin ise alçak perdedendir. Uzak galaksilerin spektrumunda ışık kırmızı tarafa kaydığından, Slipher, bu galaksilerin bizden uzaklaşmakta olduğu sonucunu çıkardı.

1929'da Hubble kendi hesapladığı galaksi uzaklıklarını, Slipher'in topladığı spektruma ait bilgilerle beraber değerlendirdiğinde, ilginç bir olay dikkatini çekti. Galaksiler bizden ne kadar uzaksa, spektrumlarındaki ışınımın kırmızı tarafa doğru Doppler kayması o kadar büyüktü. Böylece evrenin derinlerine doğru bakıldıkça, galaksilerin bizden uzaklaşma hızlarının da büyük olduğu anlaşılmaktaydı. Bu bulgu galaktik uzaklaşma (bize göre) hızlarının, galaktik uzaklıklarla orantılı olduğu olgusunu verir ki, bu olgu bugün Hubble yasası olarak

Değişmez-Durum Evren Modeli

1948'de İngiliz astronomları Fred Hoyle, Thomas Gold ve Hermann Bondi Değişmez-Durum evren modelini ortaya koydular. Bu model, bir noktadan başlayıp genişleyen evren kuramına bir seçenek sunmuş oluyordu. Onlara göre büyük patlama kavramında geçmişe ait bir tutarsızlık vardı; çünkü, evrendeki bütün madde ve enerji bir anda, birden bire mutlak olarak hiçbir şeyden yaratılmıştır.

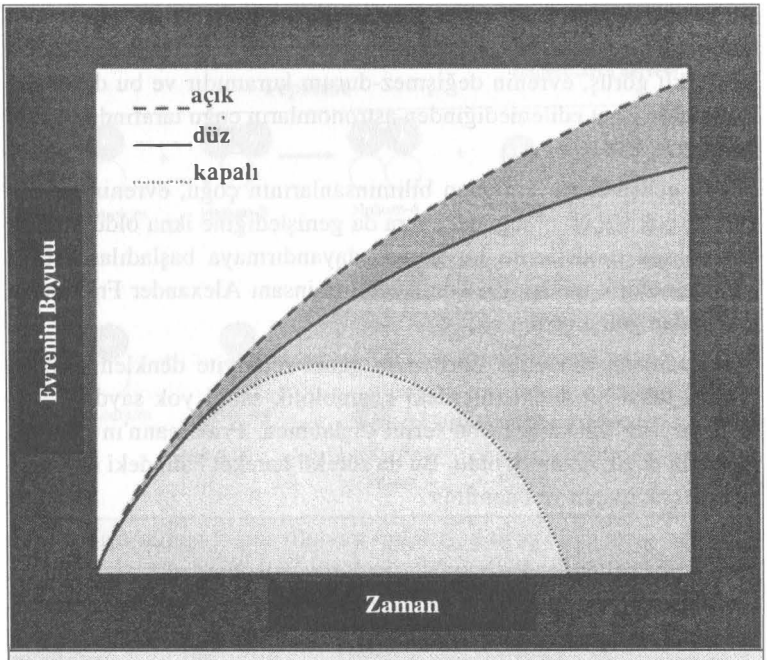
Onların alternatif olarak ileri sürdükleri ise değişmez durumda bir evrendi; yani, temel olarak her zaman aynı olan bir evren. Galaksilerin, Doppler kayması ile kendini gösteren, birbirlerinden uzaklaşması sürerken, arkada bıraktıkları boşluk devamlı olarak yaratılan yeni madde ile doldurulmaktadır. Bu yeni oluşan hammadde, yeni oluşacak galaksilerin tohumlarını eker ve böylece esas olarak evrende galaksi dağılımı sabit kalır.

Değişmez-Durum modelinin ileri sürülmesini izleyen onlarca yıl içinde, evrenin bir zamanlar çok yoğun bir ateştopu olduğuna ait kanıtlar gittikçe artmıştır. Bu nedenle bugün İngiliz kozmologların şemasının çok az taraftarı vardır (modelin sahiplerinin, ona işlerlik kazandırmak için tekrar tekrar yeni girişimlerde bulunmalarına karşın).

bilinmektedir. Uzaklaşma hızı ile uzaklık arasındaki oran ise Hubble sabiti olarak bilinegelmektedir. Hubble sabiti, uzaklığın fonksiyonu olarak, galaksilerin ne kadar hızla uzaklaştığını belirtir.

Hubble Samanyolu'nun uzayda özel bir konumu olamayacağını varsaydı. Bundan dolayı, bütün uzak galaksilerin Samanyolundan, uzaklıklarıyla orantılı hızlarla uzaklaşıyor görünmesinin, onların da birbirlerinden uzaklaşıyor olması ile mümkün olabileceği sonucuna vardı. Böylece olaya daha büyük boyutta bakıldığında, evrendeki her galaksinin diğer her bir galaksiden uzaklaşması gerektiği ortaya çıktı. (Fakat küme ve daha büyük grupların içindeki birbirlerine bağlı galaksiler, birbirlerine bağlı kalma özelliklerini korurlar).

Galaksilerin birbirlerinden uzaklaştığı kuvvetli kanıtlarla ortaya



Friedmann kozmolojik modellerinde evren için üç çeşit gelecek mümkündür: açık, düz veya kapalı.

konunca, astronomlar akılcı bir sonuca vardılar: Evren genişlemektedir. Yani, uzay şişirilen bir balon gibi yayılmaktadır. Bundan başka, gelişmenin uzun zamandır devam ettiğine inandıracak birçok neden olduğundan, evren genişlemesinin yeni bir olay olmadığı varsayımıyla, uzayın bir zamanlar bugünkünden çok daha sıkışık ve yoğun olduğu kolaylıkla anlaşılır.

Bununla beraber, kırmızıya kayma ile ilgili gözlemsel bulgular için değişik görüşler de ileri sürüldü. Bunlardan biri 1929'da Fritz Zwcky tarafından geliştirilen "ışığın yorulması" görüşüdür. Zwcky'e göre ışık uzayda yol alırken ışık dalgaları yaşlanır ve salınım hızları düşer. Bu da frekansın azalması demektir ki, kendini kırmızıya kay-

ma olarak gösterir. Bununla beraber ışığın yaşlanması için somut hiçbir fizik neden olmadığından, bu görüş inandırıcı olmadı. Bir diğer farklı görüş, evrenin değişmez-durum kuramıdır ve bu da somut bir şekilde ispat edilemediğinden astronomların çoğu tarafından kabul görmemiştir.

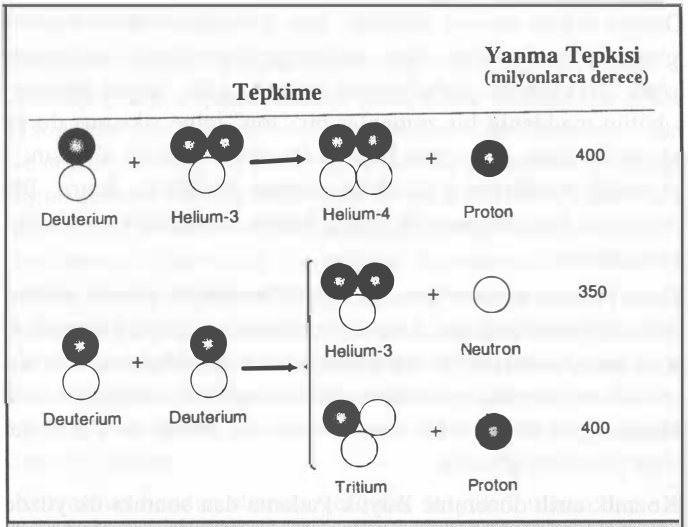
Bu gelişmelerin ardından biliminsanlarının çoğu, evrenin bir zamanlar çok küçük olduğuna, sonra da genişlediğine ikna olduğundan, kozmolojik modellerini bu görüşe dayandırmaya başladılar. Böyle bir kozmolojik model 1922'de Rus biliminsanı Alexander Friedmann tarafından geliştirildi.

Friedmann modelini Einstein'ın genel rölativite denklemlerinden çıkardı fakat bu denklemlerdeki kozmolojik sabiti yok saydı. Sabitleştirme özelliği taşıyan bu terim dışlanınca, Friedmann'ın çözümü de statik değil, dinamik oldu. Bu da sürekli hareket halindeki evren tarifinde çok uygun ve önemlidir.

Friedmann'ın üç çeşit kozmoloji modeli vardır; bunlar açık, kapalı ve düz modellerdir. Bu modellerin birbirlerinden farkı uzun dönem durumlarına göre belli olur; yani zamanla ne kadar büyüyecekleri (veya küçülecekleri) ile belirlenir. Evrim genişleme ile başlar; bir kez genişleme başlayınca, sonsuza kadar sürer.

Kapalı modellerde ise, tam aksine, büyüme sınırlıdır. Fakat kapalı modellerin başlangıcı da, açık modellerde olduğu gibidir; küçük bir noktanın şiddetli bir şekilde patlaması ile başlar ve her yönde genişler. Bununla beraber yaşam öyküsünün belli bir yerinde genişleme yavaşlar ve sonunda büyüme durur. Sonra da, büyümeyi yavaşlatan aynı kuvvetler bu kez ters yönde etki ederek, evrenin büzülmesine ve bir nokta haline gelmesine neden olur. Bu senaryoya genellikle Büyük Sıkışma adı verilir.

Düz kozmoloji ise bu ikisi arasında bir modeldir. Başlangıcı diğer ikisinde olduğu gibidir. Sonra, sürekli olarak genişlemesini sürdürmekle beraber, sonsuz zaman sonra genişleme durur. Başka bir deyişle, büzülme sonsuz zaman sonra, yani ebediyette başlar.



Büyük Patlama çekirdek sentezi, kaynaşma (füzyon) aracılığı ile, hidrojenden helyuma, lityuma kadar uzanan hafif elementleri meydana getirir. Sonra kozmik sıcaklık düşer ve artık kaynaşma olmaz.

Bu modellerden hangisinin bizim evrenimizi teşkil ettiğini saptamak için omega parametresi olarak isimlendirilen bir fiziksel değişken kullanılır. Omega, Einstein denklemlerinin çözümünde Friedmann'ın ortaya koyduğu bir değerdir. Hem görünen hem de karanlık madde olarak evrenin içerdiği madde miktarının, büzülme olabilmesi için gerekli kritik madde miktarına göre rölatif değerini ifade eder. Başka bir deyişle omega, uzaydaki madde miktarının kritik maddeye oranıdır. Söz konusu kozmolojinin açık, kapalı veya düz olduğuna, omeganın değerine göre karar verilir. Eğer omega birden küçükse evren açıktır ve ebediyen genişleyecektir. Eğer birden büyükse, kapalı bir evrende yaşıyoruz demektir; yani, bir gün genişleme durup, büzülme başlayacak ve evren bir noktaya sığacak kadar küçülecektir. Eğer omega tam olarak bir değerine eşitse, uzay düzdür.

Omega değeri evrenin kaderini, yani geleceğini ortaya koyar. Fakat geleceği nasıl olursa olsun, başlangıç hep aynıdır. Astronomlar, yıldızlar, gezegenler, yıldızlararası gaz vb. gibi, bugün uzayda var olan bütün maddenin bir zamanlar bir "top" içine sıkışmış durumda olduğuna inanırlar. Bu topun boyutu son derece küçük olmasına karşın, içerdiği maddenin yoğunluğu sonsuz büyüktür. Sonra, Büyük Patlama (Big Bang) esnasında bu top birden, henüz açıklanamayan bir nedenle patladı.

Uzun zaman, evrenin genç olduğu dönemlerde gelişen olaylar sır perdesi ile örtülü kalmıştı. Şimdi biliminsanları, çağdaş tanecik fiziği yardımı ile, yaratılışın ilk dakikalarında neler olduğunu akla uygun bir şekilde açıklayabilmektedirler. Evrenin erken dönemlerinde neler olduğunu öğrenmek için bu dönemlerde geri dönüp, meydana gelmiş olaylara ait sırları görelim.

Kozmik tarih dönemine Büyük Patlama'dan sonraki ilk yüzde bir saniyeden itibaren başlayalım. O zaman evren tüm tahminlerin üstünde sıcaktı; sıcaklık 100 milyar derecenin üstündeydi. Doğal olarak bu olağanüstü sıcaklık nedeniyle madde normal durumunda olamazdı. Henüz oluşmamış atom ve moleküller her tarafa savrulmuş durumdaydı. Bugünkü bütün uzayı dolduran madde yerine, elementer tanecik bakımından zengin bir "çorba" mevcuttu. Bu çorba eşit miktarda elektron, nötrino (nötronların proton ve elektronlara ayrışmasında meydana çıkan tanecikler), pozitron (elektronları pozitif yüklü antimadde bileşeni), antinötrino (nötrinoların antimadde bileşeni) ve foton içermekteydi. Proton ve nötronu da içine alan daha ağır tanecik miktarı çok az olduğu gibi, şimdiki karanlık maddeyi teşkil eden diğer yabancı maddeler de çok azdı.

Geçmişte evrenin nasıl bu denli yoğun olduğunu kavramak çok güçtür. Bunu başarmak için var olan fiziksel gerçeklerin hepsinin, bugünkünden milyarlarca defa daha küçük boyutlu bir bölge içine sıkıştırıldığını düşünmek gerekir. Uzay bu küçücük boyuta, bu şekilde, uzun süre dayanamazdı. Evrenin boyutu hızla büyüdü. Yaratıcı "enstantaneden" sonraki ilk birkaç saniye içinde evren büyüklüğü hemen

hemen yüz katına ulaştı.

Evren büyüdükçe içindeki madde soğumaya başladı. Çünkü, fiziksel prensip gereği kapalı sistemler genişlerken sıcaklıkları azalır. Bu hızlı soğuma birçok önemli değişime neden oldu. Birincisi, elektronlar ve nötrinolar gibi, var olan birçok tanecik antimadde bileşenleri ile birleşme şansını yakalar. Birleşmenin yararı, işlem esnasında kazanılan enerjidir. Madde ve antimadde birleşirken birbirlerini yok ederler ve foton şeklinde enerji yayınlarlar. Bu nedenle, bu dönemde foton sayısı önemli ölçüde artmıştır. Aynı zaman içinde, evrendeki nötronların çoğu proton, elektron ve nötrinolara dönüşmüştür. Böylece, bu dönem sonunda esas olarak geriye kalan bir foton denizidir; ancak bu deniz değişik miktarlarda proton, elektron, nötrino, nötron ve ilave olarak küçük miktarda az rastlanan tanecikler içeren küçük küçük beneklere de sahiptir.

Kozmosun bundan sonraki gelişimi, Büyük Patlama'dan sonraki ilk üç dakika içindeki durumu ile ilgili olacaktır. Evren artık son "enstantaneye" göre önemli ölçüde soğumuştur. Sıcaklık düştüğünden, tanecik hızları da önemli ölçüde yavaşlamıştır ki, bu, taneciklerin kararlı atom çekirdekleri şekline dönüşmelerine olanak sağlar.

Yaratılan ilk çekirdek (sadece basit protondan ibaret olan hidrojen çekirdeği dışında), ağır hidrojen olarak da bilinen döteryumdur. Bir döteryum çekirdeği bir tek nötronla bir tek protondan teşekkül eder ve döteron olarak isimlendirilir. Bir süre sonra evrendeki serbest nötronların çoğu dökeronların yapısına katılmış duruma gelmiştir.

Diğer basit elementler, aynı şekilde, protonlar, nötronlar ve döteronlardan meydana gelmiştir. Helyumun ender bir şekli olan helyum-3, döteronların protonlarla kaynaşması sonucu, daha sonra yaratılır. Sonra, nötronların helyum-3 ile çarpışmasından normal helyum meydana çıkar. Böylece adım adım, hidrojenden lityuma kadar uzanan, bilinen hafif atom çekirdekleri dizisi, ilkel bileşenlerden yaratılır.

Bu maddelerin her birinin bugünkü değeri Büyük Patlama modelinin gerçekliğini gösteren kuvvetli kanıttır. Bilimadamları uzayda ne

Kosmik Enflasyon (Şişme)

Enflasyonist evren senaryosu 1980'li yıllarda birbirlerinden bağımsız olarak hem Massachusetts Teknoloji Enstitüsünden Alan Guth ve Moskova Üniversitesi'nden Andrei Linde tarafından, hem de Pennsylvania Üniversitesi'nde beraber çalışan Paul Steinhardt ve Andreas Albrecht tarafından ortaya konmuştur. Hepsinin amacı standart Büyük Patlama modelinde ortaya çıkan güçlükleri anlamak ve onları yok etmekti. Bu modeldeki çıkmazlardan biri, ufuk problemi olarak da bilinen, uzayın büyük ölçekteki düzgünlüğüydü. Bu özellik şu soruyu ortaya çıkarmaktadır: Evrende madde ve enerji dağılımının her yönde düzgün bir şekilde dağılmasının nedeni nedir? Evrenin büyük ölçekte böylesine düzgün olmasını sağlayan nedir? İkinci sorun kozmolojik parametre "omega" değerinin bire çok yakın olmasıdır. Teori omeganın herhangi bir değerde olabileceğini göstermektedir; oysa bu parametrenin gerçek değeri bire çok yakındır ve yassılık, yani evrenin düzlük problemini yaratmaktadır.

Enflasyon kuramının arkasındaki temel fikir şudur: Evrenin çok, çok erken döneminde, büyük patlamayı izleyen ilk 10^{-35} saniyede, kozmos son derece hızlı bir genişleme evresinden geçmiştir. Sonra, her nasılsa bu hızlı şişme dönemi bitip, bugün gözlenen daha yavaş evren genişlemesi başlamıştır.

Enflasyon kuramı ufuk problemini çözer; çünkü düzensizlikleri her yönde gererek, düzgünleştirir. Aynı şekilde yassılık sorununu da çözer; çünkü evreni yassılaşmaya zorlar ve omega değeri bire yaklaşır.

Enflasyonist kozmolojiyi destekleyen kanıtlardan biri kozmik fon ışınımıdır. Bu ışınım, hangi düzeyde gözlendiğine bakılmaksızın, hemen hemen hep aynı değeri gösterir. Kozmik Fon Kâşifi (COBE) uydusundan elde edilen bulgular da bunun böyle olduğunu göstermekte ve bu kuramı desteklemektedir.

kadar hidrojen olduğunu saptayabilir ve bunu helyum miktarı ile karşılaştırabilirler. Sonucun teorik tahmine ne kadar iyi uyduğu görülebilir; yani, her helyum atomuna karşı on iki hidrojen atomu. Bu test uygulandığında Büyük Patlama senaryosunun geçerliliği çok iyi bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Büyük Patlama'dan sonra var olan helyum miktarı ilk kez 1995'te doğrudan saptanmıştır. Johns Hopkins Üniversitesinden Gerard Kriss ve Wei Zhang Endeavour uzay mekiğine, kuasarlardan gelen ışığı ayrıntılı bir şekilde taramak üzere morötesi teleskobu yerleştirdiler. Sonra, galaksilerarası helyumun soğurduğu sinyalleri bulmak için, bu ışınımı dikkatle incelediler. Buldukları spektral soğurma çizgileri (helyum tarafından yakalanan ve soğurulan belli dalga boylarındaki ışınımı temsil eder) helyumun varlığını ortaya koymaya yeterliydi; yani, büyük miktarda helyum uzay içinde dağılmış bir şekilde mevcuttu. Onların inceledikleri uzay bölgesinde bulunan helyum miktarı, hidrojene göre 1/12 oranına (yani 12 hidrojen atomuna karşı 1 helyum atomu) tam tamına uymaktaydı ki, bu, standart kozmolojik modelin ortaya koyduğu kuramsal oranın aynıdır.

Büyük Patlama döneminde lityum çekirdeğinden daha ağır çekirdekler yaratılamazdı. Çünkü sıcaklık devamlı düşmekteydi ve lityumun teşekkül ettiği zamanki değeri daha ağır elementlerin oluşmasını sağlayacak çekirdeksel kaynaşmaya yeterli değildi. Bütün diğer ağır elementler, çok daha sonraları, yıldızların sıcak çekirdeklerinde meydana gelmiştir.

Kozmik gelişimin bundan sonraki önemli aşaması yeniden birleşme dönemidir. Bu dönem esnasında evrende, nötr atomları teşkil etmek üzere, yeterince negatif yüklü elektronları kendinde toplayacak pozitif yüklü iyonlar (atom çekirdekleri) mevcuttu. Bu işlem esnasında büyük miktarda ışınım açığa çıktı. Işınım açığa çıktı; çünkü fotonlar, yüklü iyonları ve serbest elektronları etrafa sıçratarak, onların arasına girmek ve onlara yaklaşma eğilimindedirler. Böylece iyonlar nötr atomlara dönüşüp, etraflarındaki sıkı yörüngeler üzerinde elektronlar dolaşmaya başlayınca fotonlar, uzay boyunca hareket etmek

üzere, serbest kaldılar.

Bu noktadan itibaren kosmos bir fon ışınımı denizinde yüzer duruma gelmiştir. Bu ışınım önce sıcaktı fakat kosmos genişledikçe sıcaklık önemli ölçüde düştü. Bugün, başlangıçta var olan bu enerji soğumuş ve sıcaklığı mutlak sıfırın üstünde 2.735 dereceye kadar düşmüştür. Fakat evrenin içine yayılmasını sürdürerek, Büyük Patlama döneminin bir kalıntısı olarak kalmıştır.

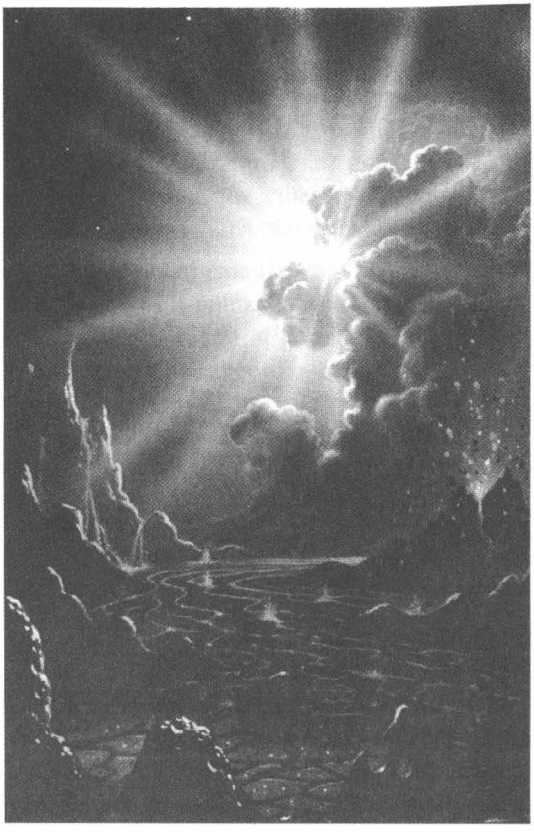
Bilimadamları anlatılan bu olayların çoğunun meydana gelmiş olduğunu mantıklı bulmaktadırlar. Fakat hâlâ bu ilk oluşumun kaç yıl önce meydana geldiğini kesin olarak bilmemektedirler. Evrenin yaş sorunu modern kozmolojinin en tartışmalı konularından biri olma özelliğini korumaktadır.

BÖLÜM YEDİ

YAŞ SORUNU

Hubble galaksilerin birbirlerinden uzaklaştığını keşfettiğinden beri, astronomlar evrenin kaç yaşında olduğunu bulmaya çalışmaktadırlar. Yıllar geçtikçe, çeşitli ekipler kozmik yaş tahmini için yeni yeni yöntemler geliştirdiler. Bulunan sonuçlar 8 milyar yıl ile 20 milyar yıl arasında değiştiğinden, birbirleri ile uyuşmadıkları apaçık ortadadır. Değerlerin böylesine geniş bir yelpaze oluşturması astronomlar arasında, astronomik yöntemler hakkında ateşli tartışmalara yol açmıştır. Bununla beraber, evren yaşının tahmini için bilinmesi gereken ilk şeyin geçerli bir Hubble sabit değeri olduğu konusunda hepsi görüş birliği içindedir. Bir kez daha hatırlanmalıdır ki, bu değer, galaksilerin uzaklıklarına bağlı olarak birbirlerinden ne kadarlık bir hızla uzaklaştığını ifade eder. Sonra, düşünülen kozmolojik modele bağlı olarak (açık, kapalı veya düz; kozmolojik sabitli veya sabitsiz), şimdiki hızı ile genişlemekte olan evrenin ne kadar yaşlı olduğu saptanabilir.

Evren yaşı ile Hubble sabiti arasındaki en basit ilişki düz uzay du-

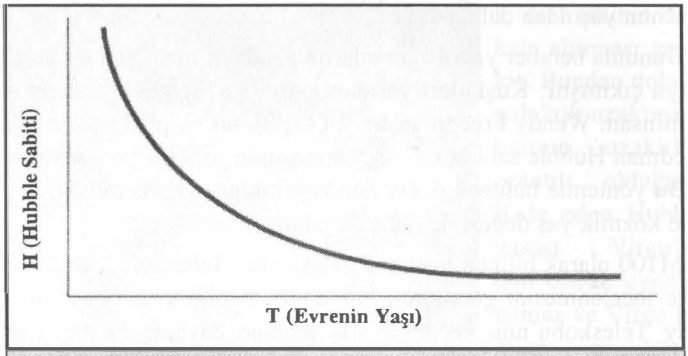


Bir yıldızın süpernova olarak patlamasının temsili gösterilişi.

rumu için geçerlidir ki, bu model enflasyonist evren kuramını benimseyen teorisyenler arasında favoridir. Bu durumda Hubble sabiti kozmik yaş ile ters orantılıdır. Düz uzay kozmolojisine göre, Hubble sabitinin bilinmesi halinde yaşın hesaplanması çok basittir; sadece bir orantı işleminden ibarettir.

Kaliforniyada, Pasedena'daki Carnegie gözlemevinin saygın astronomu Allan Sandage tarafından onlarca yıl önce yapılmış kozmik yaş tahmini uzun yıllar en itibar gören tahmin olma özelliğini korumuştur. Hubble'ın öğrencilerinden biri olan Sandage yıllarca diğer galaksilerdeki süpernova gözlemlerini sürdürmüş ve bunları uzaklık göstergeleri olarak kullanmıştır.

Sandage'in süpernovaları mükemmel "standard parlaklık ölçeği" olarak kabul etmesinin birçok nedeni vardır. Her şeyden önce, süpernovalar öyle kuvvetli bir şekilde parlarlar ki, çok uzak galaksilerdeki-



Düz evren modellerinde Hubble sabiti evren yaşı ile orantılıdır.

ler bile rahatlıkla gözlenir. Her ne kadar belli bir galakside böyle bir patlama oldukça ender meydana gelse de, uzayda öyle çok galaksi var ki, gökyüzünde hemen hemen haftada en az bir süpernova görülür. Son ve en önemli neden olarak da şu söylenebilir: Tip Ia olarak isimlendirilen süpernovalar aşağı yukarı aynı mutlak parlaklığa sahiptirler. Bundan dolayı, bu sınıfa giren süpernovaların, ne kadar uzak olduklarına bakılmaksızın, belli bir öz parlaklık verdikleri bilinmektedir. Tip Ia süpernovaları genellikle eliptik ve yaşlı spiral galaksilerde bulunurlar. Sandage'in süpernovalara uyguladığı teknik oldukça basittir. Teorik olarak sahip olduğu bilinen mutlak parlaklığı ile ölçülen parlaklığı karşılaştırılıp, basit bir işlemle uzaklığı, dolayısı ile novanın içinde bulunduğu galaksinin uzaklığı hesaplanır. Bu basit yöntemle hesaplanan galaksi uzaklıkları ve aynı galaksilerin uzaklaşma hızlarından Hubble sabiti yaklaşık olarak megaparsek başına saniyede 50 kilometre olarak saptanmış (1 megaparsek 3.26 milyon ışıkyılıdır) ve evrenin 15 ile 20 milyar yaşında olduğu ortaya çıkmıştır.

Sandage'nin sonucunu açıklamasından beri geçen yıllar içinde, astronomlar bu sonucun doğruluğuna ikna olmuşlardır. Çünkü bu yaş, kozmik tarih içinde meydana gelmiş olayları içine alacak kadar büyüktü. Örneğin, 9 ile 12 milyar yıl yaşında olduğu hesaplanan Saman-

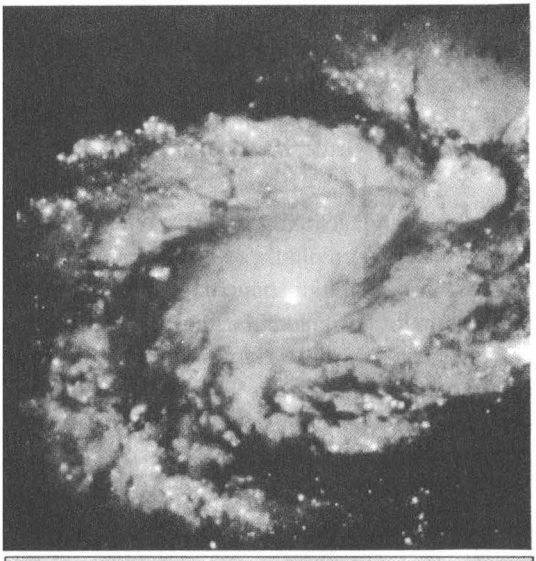
yolu'nun yaşından daha büyük.

Bununla beraber yakın zamanlarda Sandage sonucuna ait kuşkular ortaya çıkmıştır. Kuşkuları yaratan, onunla aynı yerde çalışan genç biliminsanı Wendy Freedman'dır. 14 kişilik bir ekiple beraber çalışan Freedman Hubble sabitinin hesaplanmasında yeni bir yöntem geliştirdi. Bu yöntemle bulunan değer Sandage'inkinden daha büyük, dolayısı ile kozmik yaş değeri de daha düşüktür.

M100 olarak bilinen uzak bir galaksideki Sefeitlerin yakalanmasını ve incelenmesini gerektiren Freedman tekniği esas olarak Hubble Uzay Teleskobu'nun keskin görüş gücüne dayanmaktadır. Hubble Uzay Teleskobu uzaya yollanmadan önce astronomlar Sefeit değişen yıldızlarını, Andromeda gibi yakın galaksilerin uzaklığını ölçmede kullandılar. Fakat ne yazık ki, Dünya üzerindeki teleskoplarla bunları uzak galaksiler için kullanmaları mümkün değildi. Çünkü bu teleskoplarla gözlenen parlaklık limiti sınırlı olduğundan uzak galaksilerdeki Sefeitler yakalanamaz ve gözlenemezdi. Bu nedenle, süpernova gibi daha parlak cisimler standart parlaklık ölçeği olarak daha çekiciydiler. Fakat hâlâ daha duyarlı araçlarla Sefeitlere erişmeyi umut ediyorlardı. Hubble Uzay Teleskobu'nun uzaya yollanmasını amaçlarına ulaşmak için fırsat bilip değerlendirdiler. Tabii Hubble Uzay Teleskobu uzak galaksilerdeki Sefeitleri yakalamaya yönelik olarak özel bir şekilde donatıldı.

1994'te Freedman ekibi teleskobu M100'e yöneltti ve 40 000'den fazla yıldızın gözlenmesini sağladı. Toplanan verinin içinde 20 yıldızın Sefeit olduğu anlaşıldı. Ardından bunların peryotları ve mutlak parlaklıkları tesbit edildi. Bu bilgiler galaksinin uzaklığını hesaplamada kulanıldı ve 56 milyon ışık-yılı uzaklığı bulundu.

M100, Virgo galaksi kümesi içindeki bir grup spiral galaksiden biridir. Virgo kümesinin uzaklaşma hızı ise yıllardan beri bilinmektedir. ? de, Freedman ve çalışma arkadaşlarının çabaları ile uzaklığı da bilinmiş olmaktadır. Herhangi bir kişi, bu koşullar altında, Hubble sabitinin hemen bulunacağını düşünür. Fakat Virgo kümesi bizim kendi Lokal Grubumuza öylesine yakındır ki, iki küme arasındaki çe-



Virgo kümesindeki M100 galaksisinin uzaklığı Hubble Teleskobu yardımı ile ölçüldü.

kimsel etkinin dikkate alınması gerekir. Bundan dolayı, galaktik uzaklaşma hızının uzaklıkla orantılı olduğunu ifade eden Hubble yasası Virgo'ya tam olarak uygulanamaz ve Virgo hızının uzaklığına bölünerek bulunan Hubble sabiti değeri doğru değer olmaz. Freedman ve ekibi Hubble sabitini bulmak için başka bir yola başvurdular. M100'ün sonuçlarını uzak bir galaksi kümesi olan Coma kümesinin uzaklığını saptamada kullandılar. Çünkü Coma Lokal Grup'tan, dolayısı ile Dünya'dan öylesine uzaktır ki, uzay hareketini tamamen Hubble yasasına uygun şekilde sürdürür. Bu nedenle doğru bir Hubble sabiti elde etmek için idealdir.

Önce yöntemlerinde şöyle bir varsayım yaptılar: M100'ün uzaklığı Virgo kümesi çevresindeki spiral galaksilerin ortalama uzaklığına eşittir. Sonra, Coma kümesindeki bir dizi spiral galaksiyi ele alıp, bu iki dizinin öz parlaklık (mutlak parlaklık) ortalamalarının aynı olduğunu kabul ettiler. Ondan sonra Coma spiralleri ile Virgo spirallerinin görünen parlaklıklarını mukayese ederek, Coma'dakilerin ne kadar sönük görüldüğünü ölçtüler. Bu mukayese sonunda Coma kümesinin, Virgo kümesinden 5.5 kat daha uzak olduğu bulundu; yani Coma kü-

mesi Dünya'dan 300 milyon ışık-yılını biraz aşan bir uzaklıktadır. Nihayet Coma kümesinin uzaklaşma hızını bu uzaklık değerine bölerek, Hubble sabiti için megaparsek başına saniyede 80 kilometre değeri bulundu. Tabii, M100'ün Virgo içindeki yerinden kaynaklanan belirsizlikler nedeni ile, bu değerin yüzde 20 kadar hata içerdiği göz önünde tutuldu.

Freedman'ın Hubble sabiti Sandage'inkinden bir hayli büyüktür. Bunun sonucu olarak da, evren yaşı için oldukça küçük bir değer ortaya koyar. Eğer Freedman ekibinin bulduğu sonuç doğru ise, evren sadece 8 ile 12 milyar yıl yaşındadır. Bilimadamlarının çoğu bu sonucu saçma bulmaktadırlar. Çünkü, en yaşlı yıldızlardan bazılarının en az 14 milyar yıl yaşında olduğu düşünülmektedir. Tabii ki, evren içerdiği yıldızlardan daha genç olamaz. Başka bir deyişle, herhangi birinin annesinden daha yaşlı olamayacağı gibi, yıldızlar da evrenden daha yaşlı olamaz.

Günümüzde kozmolojik konulardaki yayınların çoğu yaş sorununun çözümüne aittir. Üyelerinin ve kendisinin yaşı arasındaki çelişkiyi açıklamak amacı ile, bazı teorisyenler standard kozmolojik modeli gözden geçirip, yeniden yapılandırmak için büyük bir gayretle çalışmaktadırlar. Bazıları da kozmolojik sabit terimini yeniden canlandırmayı düşünmektedirler; hatta bunlardan birkaçı Büyük Patlama modelini (veya genel rölativiteyi) tümü ile yok saymak eğilimindedirler. Diğerleri ise, Fredman ve onu destekleyenlerin açıkladıkları yaş tahmininin doğrulanamayacak kadar düşük olduğuna ve reddedilmesi gerektiğine inanmaktadırlar.

Yaş sorununun çözümü uzay yapısının, büyük boyutta, ayrıntılı bir şekilde gözler önüne serilmesini gerektirmektedir. Bu gereksinime cevap vermek için, astronomlar şimdi uzayın bölüm bölüm haritasını yapmakla uğraşmaktadırlar; böylece tarihinin ve düzeninin kavranması sağlanmış olacaktır. Tıpkı atalarımızın Dünya'nın karmaşık topoğrafyasını perşömen üzerine kayıt ettikleri gibi, günümüz "kartografları", astronomik aletler kullanarak, yapı ve farklılık bakımından zengin evrenin portresini ortaya koymak için çalışmaktadırlar.

BÖLÜM SEKİZ

TRANSGALAKTİK KÖPÜK BANYOSU

On altıncı yüzyıldan on sekizinci yüzyıla uzanan keşifler çağında binlerce tekne ve gemi nehirlerde, boğazlarda, deniz kıyılarında dolandı durdu. Bunların düzenlerindeki kâşiflerin, hammadde aramak dışında, birinci görevleri Dünya'nın haritasını yapmaktı. Avrupa hükümdarlıkları, ülkelerine ait hakları kuvvetlendirmek ve savaşlarda üstünlük sağlamak amacı ile, mümkün olan en iyi haritaların yapılmasını talep ediyorlardı. Bu nedenle, çok az bilinen bölgelere yapılan bu uzun ve sıkıcı seyahatleri desteklediler ve bu konuda para harcamadan çekinmediler. Bu haritaların yapılması uzun zaman aldı fakat yine de hatalı olmalarını engelleyemedi; zamanla bu hataların düzeltilmesi gerekti. Öyle ki, on dokuzuncu yüzyıla girerken Avustralya hâlâ kıta değil, bir adalar zinciri olarak kabul ediliyordu.

Yıllar geçtikçe, gelişmiş kartograf tekniği ile, Dünya'nın iyi bir şekilde algılanmasını sağlayan yeni yeni deneyimler kazanıldı. Ya-

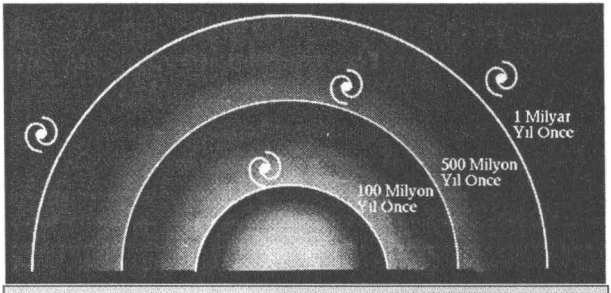
vaş yavaş okyanusların ve kıtaların rölatif büyüklükleri ve durumları hakkında daha çok bilgi ve bunların yerküresi üzerinde birbirleri ile nasıl iç içe geçmiş oldukları öğrenildi. Bu ayrıntılı bilgiler de önemli görüşler kazandırdı.

Haritaların nasıl bir esin kaynağı olduğuna ilişkin bir örnek olarak Alman jeolog Alfred Wegener gösterilebilir. 1912'de Wegener kıta sınırlarının, bir zamanlar birbirlerine yapışık oldukları izlenimi verecek kadar, uygun bir şekilde birbirlerine geçer göründüğüne dikkat çekmişti. Örneğin Güney Amerika ve Afrika, boz-yap oyuncaklarının parçaları gibi, birbirinin içine girecekmiş gibi görünür. Bu görünümden hareketle, Wegener kıtaların bir zamanlar tek bir kütle olduklarını ve o zamandan itibaren -binlerce yıldan beri- birbirlerinden ayrıldıklarını ileri sürdü. Wegener'in görüşü iyi yapılmış haritalara dayanmaktaydı ve modern bilimde -kıtaların sürüklenmesi- çalışmalarının başlamasına neden oldu.

Bugün insanların araştırma sınırları okyanusların zengin dalgalarının çok çok ötesine uzanmıştır. Atalarımız gibi, önce keşfedilmemiş büyük alanların, ama bu kez Dünya'nın ötesindeki uzayın haritalarını yapmakla işe başlamalıyız. Bilimadamları görünen uzayın tam şeklinin ortaya konmasının, dinamiğinin anlaşılmasında yararlı olacağı kanısındadırlar; tıpkı Dünya haritası hakkındaki bilgilerin, kıtaların sürüklenmesi teorisinin bulunmasına esin kaynağı olduğu gibi.

Gözlenen uzayın haritasını yapmak modern astronominin en önemli işlerinden biridir ve birçok bakımdan bir gereksinimdir. Ancak iki-boyutlu atlas bilimsel amaçlar için yetersizdir. Evrenin farklı büyüklükteki yapıları arasındaki karmaşık etkileşmeyi anlamak için, cisimlerin gökyüzündeki konumlarından daha fazlası hakkında bilgi gereklidir. Buna ek olarak, bu cisimlerin ne kadar uzakta oldukları da bilinmelidir.

Ne yazık ki, belirli bir sınırın ötesindeki cisimlerin uzaklığını saptamak güçtür. Daha önce, gökcisimlerinin uzaklıklarını bulma yöntemleri tartışılmıştı. Yakın yıldızlar için parallaks yöntemi yeterlidir. Kendi galaksimizdeki uzak yıldızlar için görünen parlaklıklarının



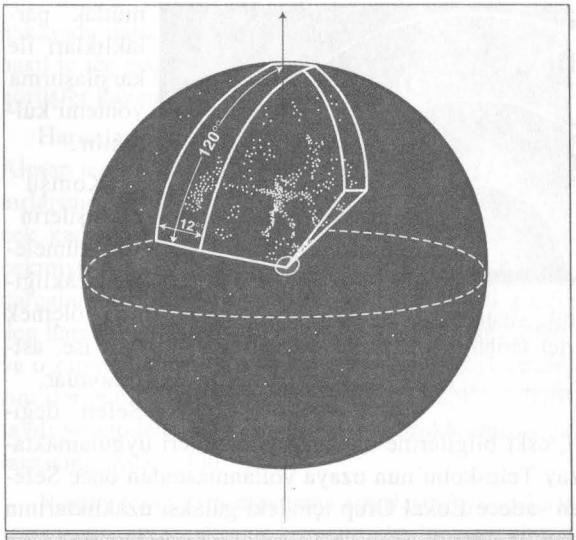
Uzay boyunca gittikçe daha uzağa, daha uzağa bakıldığında görünen ışık evren ta ihinin daha erken, daha erken dönemlerine ait olur.

mutlak parlaklıkları ile karşılaştırma yöntemi kullanılır.

Komşu galaksilerin ve kümelerin uzaklığını ölçmek için ise, astronomlar, Sefeit değişen yıldızları gibi, eski bilgilerine dayanan yöntemleri uygulamaktadırlar. Hubble Uzay Teleskobu'nun uzaya yollanmasından önce Sefeitler hemen hemen sadece Lokal Grup içindeki galaksi uzaklıklarının ölçülmesinde kullanılmaktaydı. Hubble Teleskobu bu yöntemin yakın kümeler için kullanılmasını da mümkün kıldı. Wendy Freedman'ın bu tekniği kullanarak Virgo kümesinin uzaklığını ölçtüğü daha önce anlatılmıştı.

Mamafih, çok sönük oldukları için, Sefeitlerin gözlenemediği bölgeler hâlâ var. Biraz tahmine dayanan yöntemlerle de olsa, bilim bu bölgeleri de avucunun içine almaya çalışmaktadır. Bir galaksinin mutlak parlaklığı ile spektrumundaki belli bir spektral çizginin genişliği arasındaki ilişkiyi veren Tully-Fisher bağıntısı da bazen böyle bir yöntem olarak kullanılır. Fakat daha genel olarak, evrenin çok uzun bölgelerindeki galaksilerin uzaklıkları, galaktik hızlar ve uzaklıklar arasındaki ilişkiyi veren Hubble yasası yardımı ile ölçülür. Bir gözlemci galaksinin (veya kümenin) sadece bir spektral çizgisinin kırmızı tarafa doğru ne kadar kaydığını ölçerek, o galaksinin ne kadar uzakta olduğunu söyleyebilir. Fakat yine de, Hubble sabiti en doğru şekilde saptanana kadar, bu yasa sadece rölatif uzaklıkları verebilir.

Hubble yasası ancak bir milyar veya bir milyar civarı ışık-yılı uzaklıkları için basit bir orantıdır. Eğer astronomlar bu yöntemi daha



Harvard-Smithsonian ekibinin uzayı kama şeklinde parçalara bölmesindeki amaç, evrenin sahip olduğu şekli anlamak için temsili bir örnek elde etmektir.

uzak bölgelere erişmek için kullanırlarsa, zaman sorunu ile karşı karşıya kalırlar. Milyarlarca ışık-yılı uzaklıktaki cisimlerin ışığı bize milyarlarca yılda ulaşır. Bundan dolayı, bu cisimlere baktığımızda, bugünkü görünümlerini değil, milyarlarca yıl önceki bir anı görürüz. Teorisyenler daha önceki yıllarda Hubble sabitinin farklı değerde olması gerektiğine inanmaktadırlar. Böylece, milyarlarca ışık-yılı uzaklığında olduğu tahmin edilen bir cismin uzaklığını saptarken, araştırıcı o yıllarda Hubble sabitinin bugünkü değerinden farklı olduğunu göz önünde tutmak zorundadır.

Paralaksdan Sefeitlere, Sefeitlerden spektral yönteme uzanan, büyük ölçeklerde uzaklık ölçmede kullanılan yöntemlerin hepsi bir arada kozmolojik uzaklık merdivenini meydana getirir. Bu yöntemlerle, basamak basamak, yakın çevremizdeki yıldızlardan çok uzak bölgelerdeki gamaksi kümelerine ve kuasarlara erişilmektedir. Yeni ölçme yöntemleri bulunup, kullanılır duruma geldikçe, bu merdivenin ulaştığı uzaklıklar gittikçe uzayın daha derinlerine varacaktır.

Astronomlar gözlenen uzayın çok büyük bir bölgesinin haritasını yapmaya kalkıştıklarında, uzaklık ölçme işlemlerine ek olarak, bir

diğer güçlükle daha karşı karşıya kalırlar. Uzay hacmi uzaklığın küpü ile orantılı olarak arttığından, kuvvetli bir teleskopla incelenen bir bölgenin hacmi katrilyonlarca ışık-yılı küp değerine çıkar. Böyle bir uzay hacmi milyarlarca galaksi ile doludur (bunların çoğu Hubble Uzay Teleskobu ile yakın zamanlarda bulunmuştur). Bu galaksilerin kataloglara geçirilmesi bile asırlar sürer.

Bu arada, Harvard-Smithsonian astrofizik merkezinden Margaret Geller ve John Huchra gibi astronomlar yürütmekte oldukları en önemli projelerin birinde görünen uzaydan örnek kesitler seçmekte ve bu kesitleri ayrıntılı olarak araştırmaktadırlar. Bu kesitler aracılığı ile, kabaca da olsa, uzayda galaksilerin nasıl dağıldığı ortaya konacaktır. Bu dağılımın şeklinden de kozmosun yapısı ve düzeni daha iyi anlaşılabilecektir.

Harvard-Smithsonian ekibinin seçtiği örnek kesitler üç-boyutlu uzay dilimleridir; dilimler de kama şeklindedir. Kama şeklini yeğlemelerinin nedeni, farklılıkları en açık şekilde gösteren evren şeklini elde etmek içindir.

Projenin ilk bölgesi 1985 yılı baharında Geller, Huchra ve Valerie de Lapparent tarafından tamamlandı. 6-derece genişliğindeki bir şerit üzerinde yaklaşık 1100 galaksinin uzay dağılımı saptandı. Bu büyüklük taramaların mümkün olduğunca kısa zamanda bitirilmesi için seçilmişti. Elde ettikleri sonuçlar çok ilgi çekmektedir.

Geller ve arkadaşları böyle bir taramaya girişirken evrende büyük boyutlu bir düzen görmeyi beklemiyorlardı. Gerçekte bekledikleri düzgün bir yapıydı. Galaksilerin ve kümelerin uzayda, üzümlü bir kekin içindeki üzümlerin dağılımı gibi, baştan sona homojen bir şekilde dağıldıklarını görmeyi umuyorlardı. Bunun yerine, garip bir galaktik yapının çarpıcı izleri ile karşılaştılar. Galaksiler ve kümeler daha çok uzun, iğ gibi şeritler üzerinde veya geniş, yaygın tabakalarda ya da dev gibi kabarcıklar üzerinde yayılmışlardı. Bu dev gibi kabarcıkların içleri, sanki bir kamış çubukla emilmişcesine boştu.

Harvard-Smithsonian grubundakileri en çok şaşırtan gördükleri mutlak zıtlıklardı. Milyarlarca galaksi ile tıka basa dolu uzay bölgele-

rinin yanında, pratik olarak hiç galaksi içermeyen bölgelere rastladılar ve bu bölgelere "boşluk" adını verdiler. Gördüklerine göre şöyle bir kanıya vardılar: Kozmos tarihinin belli bir döneminde bir karışıklık (kaos) geçirmiş ve bu büyük boyutlu düzen ortaya çıkmıştır. Ancak bunun neden ve nasıl olduğunu açıklayamamaktadırlar; sadece gözledikleri onlara bu izlenimi vermektedir.

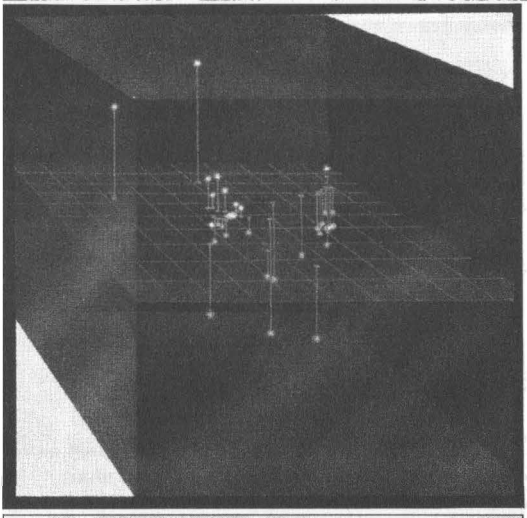
1989'da Geller ve Hunchra taramalarını binlerce galaksi içerecek şekilde genişlettiler. Bu defa bir ek özellik daha saptadılar: Bu bir galaksi "duvarıydı" ve bir buçuk milyar ışık-yılı boyunca uzayda baştan başa uzanmaktaydı. Büyük duvar adını verdikleri bu bariyer uzayda varlığı bilinen en büyük tek yapıdır.

Yine de, Geller ve arkadaşları evrendeki büyük boyutlu yapılara dikkat çeken ilk kişiler değildir. 1950'lerde Fransız astronomlarından Gerard de Vaucouleurs galaksilerin ve kümelerin "süpergalaksi" denilen daha büyük cisimlerin üyesi olduğunu ileri sürerek bir tartışma ortamı yaratmıştı. (Süpergalaksilere şimdi süperkümeler denilmektedir).

O zamanlar astronomların çoğu, uzayda mümkün olan en büyük gruplaşmanın kümeler olduğuna inanıyordu. Einstein'ın genel rölativitede ifade ettiği çekim kuramının daha büyük birimlerin oluşmasına izin vermeyeceğini düşünüyorlardı. Onlara göre daha yaygın yapılar, çekimsel olarak öyle zayıf bir şekilde birbirlerine bağlı olacaklardı ki, evren genişlemesi onları kolaylıkla birbirlerinden ayırabilirdi. Bundan dolayı ancak kısa bir zaman bir arada kalabilirlerdi ve bugün var olmaları mümkün değildi.

Bununla beraber, yıllar geçtikçe astronomi topluluğu "küme kümelerinin" varlığını kabul edecek kadar olgunlaştı. Bizim Lokal Grup galaksilerinin de Lokal Süperküme adı verilen zincire benzer bir diziye ait olduğu anlaşıldı. Bu süperkümenin merkezi Virgo kümesinde olup, uzayda yüzlerce milyon ışık-yılı boyunca uzanmaktadır. Aynı şekilde, sıra sıra dizilmiş şeritlerle, uzayı çaprazlama kesen diğer süperkümeler de bulunmuştur.

Gençliğinde ateşli bir sabırsız olan de Vaucouleurs şimdi haklı

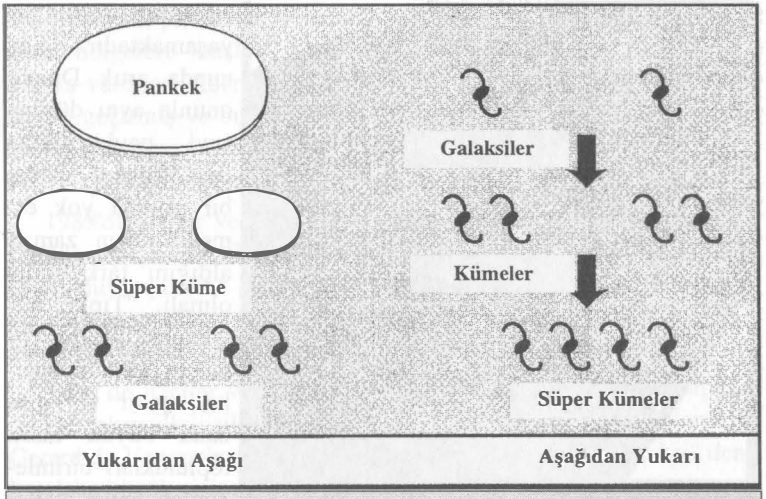


Samanyolunu da içeren Lokal Grup galaksi kümesi üyelerinin dağılımının temsili gösterilişi.

çıkmanın gururunu yaşamaktadır. Sonunda artık Dünya onunla aynı düşünceyi paylaşmaktadır. Böylece o da, bir görüşü yok etmenin uzun zaman aldığını fark etmiş olmalı. "Tıpkı, büyümekte olan bir çocuğun aile, komşuluk, şehir vb. gibi daha büyük insan toplulukları birimlerinden yavaş yavaş haberdar olması gibi, astronomlar da gökcisimlerinin hiyerarşik düzenini son 400 yılda tanıyabilmişlerdir. Astronomik gelişme hâlâ sürmektedir."

Bugün Geller, Huchra ve de Lapparent tarafından sağlanan ağırlıklı gözlemsel bulgulara dayanarak, astronomların çoğu kozmosun oldukça karışık hiyerarşik bir yapıya sahip olduğunu kabul etmişlerdir. Böylece "şerit" (filament), "köpük" (buble), "tabaka" (sheet) ve "boşluk" (void) gibi sözcükler sözcük dağarcığına katılmışlardır. Artık evrenin büyük boyutta yapıya sahip olup olmadığı tartışılmamaktadır; çünkü bunun varlığından kuşku yoktur. Bunun yerine bu düzenin yapısını ve kaynağını anlamaya yönelik araştırmalar yapılmaktadır.

Temel olarak evrende yapı oluşumuna ait üç model vardır. Galaksiler mi yoksa daha büyük yapılar mı önce gelir sorularına verdiği yanıtlar bakımından farklılık gösterir bu üç model. Birincisi, "pankek modeli" yakıştırma adıyla bilineni, 1970'li yıllarda Rus biliminsanı



Yukardan-aşağı modellerde örnek kozmik şeritler ve tabakalar gibi en büyük yapılar şekillenir. Sonra bu yapılar tek tek galaksilere bölünür. Aşağıdan yukarı modellerde ise, tam aksine, önce galaksiler yaratılır. Bunlar da, kümeler gibi daha karışık yapılı oluşumlara dönüşür.

Yaakov Zeldovich tarafından ortaya konmuştur. Pankek modeli yukardan-aşağı doğru olan kuramdır; yani, önce tabakalar, köpükler gibi büyük yapıların yaratıldığı, sonra bunların süperkümelere, kümelere ve en son olarak da galaksilere parçalandığı görüşüne dayanır. Zeldovich'e özgü görüşe göre, erken dönem evreni büyük, yassı madde topakları, yani "pankeklerle" doluydu; muhtemelen bu topaklar daha küçük parçalara bölünmüşlerdir. Daha sonra da bu parçalar gelişerek galaksiler oluşmuştur. Bu model, galaksilerin neden uzun şeritler ve ince tabakalar şeklinde bir arada bulunduklarını çok iyi açıklamaktadır; bu yapılar esas "pankekden" geriye kalanlardır.

Taraftarları arasında Princeton astrofizikçisi Jim Peebles'ın da bulunduğu ikinci model hiyerarşik kümeleşme adını taşır. Bu aşağıdan-yukarı modele göre, galaksiler kozmosun ilkel dönemlerinde yaratılan gaz bulutlarından oluşur. Evren geliştikçe galaksilerin bir ço-

Güçlü Çekici

Her meslekte çalışanlar, alanlarında yeni şeyler keşfetmek için bilgi duvarlarını zorlarken efsanevi bir şekle bürünürler. Çağdaş kozmolojide, kendilerini galaksi gözlemlerine adamış, Yedi Samuray yeni bir araştırma altyapısını teşkil etmek için birleştiler. Uluslararası yedi ayrı gözlemevinden yedi ayrı astronom 1987'de bir araştırma ekibi oluşturdu. Amaçları galaksi hızları dağılımında genel görünümü veren şekli ortaya çıkarmaktı.

Bu işbirliği ile olağanüstü sonuçlar ortaya çıkardılar. Dünyadan 200 milyon ışık-yılı uzaklığında büyük bir galaksi grubunun uzayda belli bir noktaya yönelmiş olarak hareket ettiğini saptadılar. İşin ilginç yanı bu noktada hiçbir cismin görülmemesiydi; yani uzay boşluğunda bir noktaydı. Güçlü Çekici adını verdikleri bu nokta, sanki orada çok büyük, görünmeyen bir kütle varmışcasına, uzayın geniş bir bölümü üzerine kuvvetli bir çekim etkisi yapıyormuş gibi görünmektedir.

Son on yıl boyunca bilimadamları Yedi Samuray'ın buluşuna geçerli bir açıklama geliştirmek için uğraştılar. Bazı araştırmacılar, Güçlü Çekici'nin görülmesi mümkün olmayan yeni bir madde şeklinin kendini çekimle belli etmesi olduğunu ileri sürdü. Diğerlerinin yanıtı çok daha akla yatkın ve somuttu (bu yanıt Hubble Teleskobu'nun bulguları ile de desteklendi): Güçlü Çekici o bölgedeki pek çok sönük galaksinin ortak kuvvetini temsil etmektedir.

ğu, birbiri üzerine çekim etkisi uygulayacak kadar birbirlerine yaklaşır, gruplaşır. Ardından bu gruplar birleşerek galaksi kümeleri, daha sonra da süperkümeler oluşur. Kış rüzgârının karı belli yerlerde toplanıp, diğer yerleri boş bırakmasına benzer şekilde, uzaydaki boşluklar da, o bölgelerdeki maddenin çekim etkisi ile uzaklara çekilmesinden oluşur.

Son olarak ele alınan, yapı oluşumuna ait üçüncü model parça görüş olarak isimlendirilir. Parçalar kendilerine benzer cisimlerdir; yani temel olarak aynıdırlar. İç içe geçen oyuncak bebeklere benzerler. Bu görüşe göre, galaksilerden kümelere, süperkümelere kadar uzanan değişik düzeydeki yapılar aynı zamanda yaratılmıştır. Süperküme oluşumu, galaksi oluşumunu sağlayan aynı işlemle ortaya çıkar: tabii

sadece daha büyük ölçekte.

Yakın zamanlarda bir grup teorisyen galaksi oluşumu modellerini test etmek için bilgisayar simülasyonu (benzetimi) yöntemini kullanmaya başladılar. Modellerine, rastgele dağılmış madde yığını ile "oyuncak" bir kozmos tohumu ektiler; sonra genel çekim ve diğer yapıların yaratılışını oldukça iyi bir şekilde benzetmeyi başarmışlardır. Fakat bu başarı, çalışmalarına, karanlık madde olarak isimlendirilen madde kattıkları sürece devam etmektedir (karanlık madde dokuzuncu bölümde tartışılacak).

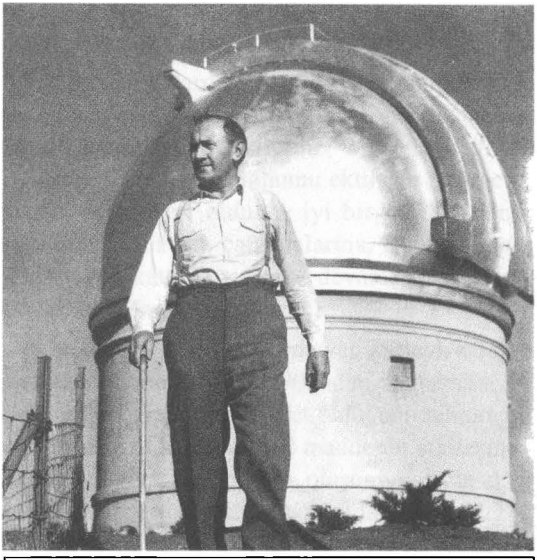
Karanlık madde ışık vermeyen kütleye sahip maddedir. Birçok biliminsanı evrenin yüzde 90'ından fazlasının, bilinmeyen bileşimli, görünmeyen maddeden ibaret olduğunu tahmin etmektedir. Ancak görünmeyen madde ile normal maddenin etkileşmesinin dikkate alınması gerekir. Aksi halde yapı oluşumunun nasıl meydana geldiği tam olarak anlaşılamaz. Bütün bunlardan anlaşıldığı üzere, kozmosun nasıl şekillendiğini anlamak için, önce "kaybolmuş madde" sorunu açıklığa kavuşturulmalıdır.

BÖLÜM DOKUZ

BOŞLUKLARDAKİ HAYALETLER

H.G. Wells'in Görünmez Adam isimli klasik romanında, bir adam kendisini gözlerden saklayan sihirli bir ilaç keşfeder. Bu ilacı içtiği zaman vücudu görünmez olur; sadece giysileri görünürmüş. Bir öğleden sonra gezintisine çıktığında sadece şapkasını, eldivenlerini, tenisayakkabıları giymiş ve gözlüğünü takmışsa, sokaktaki herkes sadece bu giysilerin caddede yürüdüğünü görürmüş. Tabii bu garip durumu seyredenler, gerçekte bu giysi parçalarını üzerinde taşıyan fakat görülmeyen bir kişinin var olduğunu anlarmış.

Yine bir zamanlar, "görünmez köpekler" adı verilen geçici bir moda çıkmış. Bir köpeğe bakma zahmetine katlanamayan (veya istemeyen) fakat bir köpekle gezmekten hoşlanan kişiler içinmiş bu moda. Bunlar için özel kayışlar yapılmış; bu kayışlar, sahibi köpeği ile yü-



Coma kümesindeki kütlenin bü ük çoğunluğunun görünmez madde oldu unu ileri süren İsviçre kökenli Amerikalı astronom Fritz Zwicky.

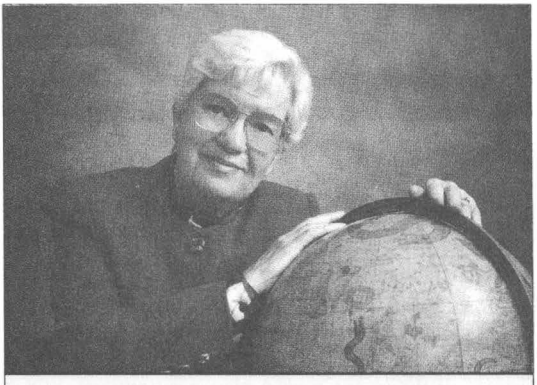
rüyüşe çıktığında yukarı aşağı sallanıp, sağa sola reverans yapacak şekilde tasarlanmış.

Mantıklı bir yetişkinin caddeden aşağı doğru gelmekte olan böyle "görünmez köpeklerden" birini gördüğünü varsayalım. Acaba ne düşünecektir? Orada gözünün görmediği bir şeyin var olduğunu düşünecek midir? Tabii ki, hayır. Böyle bir hayvan gören kişi, belki elini sallayıp, onu seviyormuş gibi davranacak fakat orada gerçekten bir şey olduğunu düşünmeyecektir.

İşte benzer şekilde, galaksilerde yıldızların, kümelerde galaksilerin hareketleri, oralarda gözlerimizin gördüğünden daha fazlasının olduğunu işaret etmektedir. Acaba bu gökcisimlerinde var olan fazlalıklar nedir? Wells'in öyküsündeki görünmez adamın gövdesi gibi gerçek bir şey mi? Yoksa, "görünmez köpek" gibi bir gösteri mi? Tabii ki birinci durum. Çünkü yakın zamanlarda, uzay boyunca karanlık maddenin var olduğunu gösteren dağlar gibi kanıt birikmiştir astronomların elinde.

Bilimadamları onlarca yıldan beri yıldız ve galaksi hareketlerinin görünen maddeden kaynaklanan çekimsel kuvvet ile tam olarak açıklanabileceğinden kuşku duymaktaydılar. 1930'lu yılların başlarında

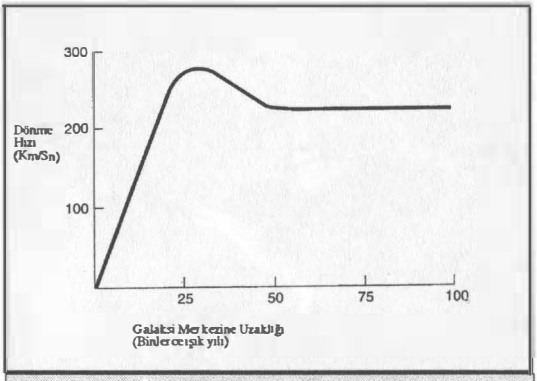
Hollandalı astronom Jan Oort, dinamiklerini daha iyi anlama amacı ile, Samanyolu'nun dış bölgelerindeki yıldızların hareketlerini inceledi. Özellikle galaktik diskin üstündeki ve altındaki yıldızların uzaklıklarını ölçerek, onları bu yükseklik ve derinlik üzerinde tutabilmek için Samanyolu kütlesinin ne kadar olması gerektiğini hesapladı. Çok ilgi çekicidir ki, Oort Samanyolu kütlesinin, görünen madde toplamının en az üç katı kütleye sahip olması gerektiğini buldu.



Washington Carnegie Enstitüsü'nden Vera Rubin galaktik dönme eğrilerini saptadı ve karanlık maddenin varlığını kanıtladı.

Oort'un yıldızlarla ilgili çalışmaları sürerken, İsviçre kökenli Amerikalı astronom Fritz Zwicky'nin bir araştırması evrende görünenden daha fazla madde olduğunu gösteren kuvvetli deliller ortaya koymaktaydı. Zwicky Coma kümesindeki galaksilerin hareketlerini analiz ederek, bu galaksileri bir arada tutabilecek çekimsel kuvveti saptamak için küme kütlesinin ne kadar olması gerektiğini bulmak istiyordu. Buldukları karşısında önce kendi şaşırdı. Hesapları gözlenenden üç yüz kat daha fazla kütle gerektiğini gösteriyordu. Bu sonuç karşısında Coma kümesindeki maddenin büyük çoğunluğunun karanlık, yani görünmeyen madde olduğundan kuşkulandı.

Karanlık maddenin varlığına ilişkin en inandırıcı ilk ispat 1970'li yıllarda Washigton Carnegie Enstitüsü'nden Vera Rubin ve arkadaşları tarafından ortaya konmuştur. Bu grup galaktik dönme eğrileri adını verdikleri, galaksideki yıldız ve gazların galaksi merkezi etrafındaki yörünge hızları ile bunların merkeze uzaklıklarını bir grafik üzerinde gösterdi.



Andromeda çevresindeki yıldızların hızları ile merkeze olan uzaklıkları arasındaki diyagram. Uzaklık arttıkça hızların değişmemesi haloda karanlık madde varlığının göstergesidir.

Kendi Güneş sistemimizde de gezegenlerin dolanım eğrileri, aynı şekilde, Güneş etrafındaki dolanım hızları ve Güneş'e olan uzaklıkları arasındaki ilişki olarak çizilir; bu ilişki Kepler yasaları ile iyi bir şekilde tarif edilmektedir. Güneş sisteminde kütlenin çok büyük yüzdesi merkezde, yani Güneş'in kendi içinde toplandığından, gezegenlerin dolanım hızları artan uzaklıkla hızlı bir düşme gösterir. Böylece Pluto Güneş etrafında Merkür'den çok daha küçük bir hızla dolanır.

Eğer bir spiral galakside, Samanyolu galaksisinde olduğu gibi, kütle galaktik maddenin görünen durumuna göre dağılmışsa, Güneş sistemindekine benzer, hızlı bir hız azalmasının görülmesi gerekir. Çünkü kütlenin büyük bir yüzdesi merkezdeki şişkin bölgede toplandığından, haloda çekim çok zayıf olacaktır. Bunun sonucu olarak merkezden uzaklaştıkça, yıldız hızları azalacak ve galaktik dönme eğrisi hızlı bir düşme gösterecektir.

Fakat Samanyolu, Andromeda ve diğer spiral galaksilerde durumun böyle olmadığı görülmektedir. Bu galaksilerin galaktik dönme eğrilerinde, hız düşmesi yerine, yaylaya benzer düz bir gidiş kendini göstermektedir. Başka bir deyişle, yıldızların hızları halo boyunca sabit kalmaktadır. Böyle bir durumun anlamı şudur: bu galaksilerin her birinde kütlenin büyük yüzdesi merkezdeki şişkin bölgede toplanmış olmayıp, galaksi içinde baştan sona oldukça düzgün bir şekilde yayılmıştır. Bu ise ancak galaktik haloda önemli miktarda karanlık

maddenin var olması ile mümkün olabilir.

Oldukça çok sayıdaki diğer çalışmalar kozmosun yüzde 90'ından fazlasının, hatta belki de yüzde 99'unun teleskopla doğrudan doğruya gözlenemeyen maddeden meydana geldiğini göstermektedir. Galaksilerin içinde bol miktarda karanlık maddenin var olduğu anlaşılmaktadır. Deneyler galaksilerarası uzayda da var olduğunu göstermektedir. Hatta boşlukların içleri gibi, galaksi içermeyen uzay bölgelerinde bile var olduklarının işaretleri var. Yani, boşluklar gerçekte boş bölgeler değil.

Bütün bunlardan sonra, yüzyıllardır yapılmakta olan teleskopik gözlemlerle evrende var olan maddenin ancak küçük bir kesrinin gözlendiği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Astronomlar buzdağlarının sadece tepelerini görmektedirler. Burada sıradan bir sözcük olan buzdağları tam yerindedir. Çünkü evrenin büyük bölümü ebediyen gözlerden saklanmış, sadece yüzde 10 gibi küçük bir bölümü "görüş alanında" kalmıştır.

Kozmos'a hükmeden gizemli madde acaba nedir? Yakın zamanlarda bunların yapılarına ilişkin çeşitli teoriler üretilmiştir. Bunlar içinde en fazla ilgi çeken adaylar üç büyük sınıfta toplanabilir: İngilizce ifadesinin (massive compact halo object) kısaltılmış şekli olan (MACHOs) ile gösterilen büyük kütleli yoğun halo cisimleri, aynı şekilde İngilizce ifadesinin (weakly interacting massive particles) kısaltılmış şekli olan (WIMPs) ile gösterilen zayıf etkileşimli büyük tanecikler ve kütleli nötrinolar. Bunlardan ilk ikisi söz konusu maddenin ne olduğunu açık bir şekilde ifade etmez, sadece bunların nerede bulunduklarını gösterir.

MACHO'lar galaksileri çevreleyen bölgelerde bulunan yoğun cisimlerdir. Işınım vermeyen bu cisimler varlıklarını diğer cisimlerle olan çekimsel etkileşim aracılığı ile belli ederler. Bu kara cisimlerin bilinen ilk örnekleri 1993 yılında üç ayrı astronom grubu tarafından keşfedilmiştir: EROS isimli Fransız grubu, OGLE isimli Polonya-tabanlı grup ve MACHO projesi olarak isimlendirilen Amerikan-Avustralya ortak çalışması. Bunların en büyükleri olan üçüncü gru-

bun başkanı Lawrence Livermore Milli Laboratuarı'ndan Charles Alcook olup, yine aynı yerden David Bennett ve San Diego'daki Kaliforniya Üniversitesinden Kim Griest bu grubun diğer üyeleridir. Araştırmaları için Avustralya'da Ganberra yakınlarındaki Mount Stromlo Gözlemevi'nin 5 -ayak çapındaki teleskobunu kullanmışlardır.

Her grup, Büyük Macellan Bulutundaki farklı farklı uzaklıktaki yıldızların MACHO'lar tarafından ortaya konmuş çekimsel merceklerini buldu. Çekimsel mercek bir genel rölativite etkisidir; şöyle ki, uzak cisim ve Dünya arasında yer almış madde cisimlerin görünümünü etkiler. Genel rölativiteye göre ağır maddenin ışığı eğdiği ve bir mercek etkisi yapıp, görüntüyü değiştirdiği bilinmektedir. Bu durumda, bir MACHO'nun geçici olarak Büyük Macellan Bulutu'ndaki bir kırmızı dev yıldız ile Dünya arasında durduğunu varsayalım. Bir an için yıldızdan gelen ışık Dünya'dan yakalanabilir. Bu kuvvetlendirilmiş sinyali kayıt eden astronom, onu analiz ederek MACHO'nun kütlesini ve yayılımını saptamak için kullanır. Samanyolu'nda MACHO'ların varlığı bazı yıldızların geçici olarak parlamaları ve sönükleşmeleri ile anlaşılmıştır. ABD-Avustralya grubu görünen parlaklığı artan bir kırmızı dev gözlemişlerdir ve bu yıldızın eski parlaklık düzeyine 33 günlük bir süre sonunda eriştiğini saptamışlar. Böyle bir parlaklık artışına neden olabilecek diğer olasılıklar araştırılıp, hiçbirinin bu olaya uymadığı anlaşılınca, olayın, büyük kütleli görünmeyen bir cismin çekimsel merceğinin sinyali olduğu ortaya konmuş oldu.

Amerikan Astronomi Derneği'nin 1996 yılı Ocak ayındaki toplantısında Amerika-Avustralya ortak çalışması olarak, kuvvetli kanıtlar gösterilerek, Samanyolu halosunun büyük bölümünün MACHO'larla kaplı olduğu açıklandı. Bu açıklama yedi yeni büyük kütleli halo cisminin keşfine dayanmaktaydı. Kısaca araştırmacılar, Büyük Macellan Bulutu'ndaki cisimlerin çekimsel merceklerini kullanarak, bu anlaşılması güç cisimlerin özelliklerini araştırmaktadırlar.

MACHO'ların her birinin kütle ve büyüklükleri bir Güneş kütlesi ile onda bir Güneş kütlesi arasında değişmektedir. Hem sönük, hem ufak cisimler oldukları göz önünde tutularak, bunların çoğunun, muh-

Süpersimetri

Süpersimetrik tanecikler, süpersimetri kuramı olarak bilinen tanecik fiziği modelinin kuramsal yan ürünleri, sık sık karanlık madde adayları olarak kabul edilmektedirler. Süpersimetri kuramı evrendeki iki büyük tanecik sınıfını birleştirmeye kalkışmaktadır. Bunlar fermiyonlar ve bosonlardır.

Kısaca, fermiyonlar maddenin temel taşlarıdır. Protonlar, nötronlar ve elektronlar; atom bileşenlerinin hepsi fermiyonlardır. Diğer taraftan bosonlar hem fermiyonları bir arada tutan (yapıştırıcı) etkiyi, hem de onları itip, birbirlerinden uzaklaştırma kuvveti sağlar. Elektromanyetik kuvvet taşıyıcıları olan fotonlar ve çekim ileticileri olan gravitonlar boson örnekleridir.

Süpersimetri modeline göre her fermiyonun bir bosonik bileşeni ve her bosonun bir fermiyonik bileşeni vardır. Örneğin elektronların bosonik eşdeğerlerine selktron denir. Proton ve gravitonunkiler ise sırası ile protino ve gravikona ile ifade edilir.

Şimdiye kadar bu tanecik bileşenlerinin varlığına ait somut kanıt gösterilememiştir. Yine de birçok bilimadamı bu taneciklerin en kısa zamanda ortaya çıkacaklarını umut etmektedir. Eğer bu gerçekleşirse, karanlık madde gizemi de hızlı bir çözüme kavuşacaktır.

temelen beyaz cüce oldukları sonucuna varılır. Güneş gibi, bunlar da yaşamlarına asalkol yıldızları olarak başlamış fakat yavaş yavaş çekirdeksel yakıtlarının büyük bölümünü tüketmişlerdir. Sonunda da geriye, görülemeyecek kadar sönük bir şekilde parlayan yıldızlar kalmıştır.

Yine de, MACHO'ların bazılarının kırmızı dev ve/veya kahverengi cüce olma şansı da vardır. Kırmızı devler son derece soğukturlar ve çok az ışınım yayınlarlar. Bu nedenle de doğrudan görülmeleri çok güçtür. Kahverengi cüceler daha da az ışık verirler. Bunlar, çekirdeksel kaynaşmanın başlaması için gerekli kritik kütleye sahip olmamış yıldızları temsil ederler; bu nedenle de parlamazlar. Teorisyenler tarafından önerilen diğer MACHO adayları da şunlardır; Jupiter büyüklüğünde gezegenler, nötron yıldızları ve kara delikler. Öyle görü-

nüyor ki, büyük çoğunluğu beyaz cüce olmakla beraber, MACHO'lar yukardaki cisimlerin bazılarını veya hepsinin bir karışımını kapsar.

Bugün biliminsanları bütün galaktik kara maddenin kabaca yarısının, belki de daha fazlasının MACHO'lar olduğuna inanmaktadırlar. Fakat ne yazık ki, diğer galaksilerdeki görünmeyen maddenin önemli bir bölümü hâlâ açıklama beklemektedir; tabii buna kozmosun geri kalanındaki önemli miktardaki karanlık madde dahil değildir. Bu nedenle araştırıcılar, galaksideki geri kalan karanlık maddeyi zayıf etkileşimli büyük taneciklerin (WIMPs) oluşturduğunu düşünmektedirler.

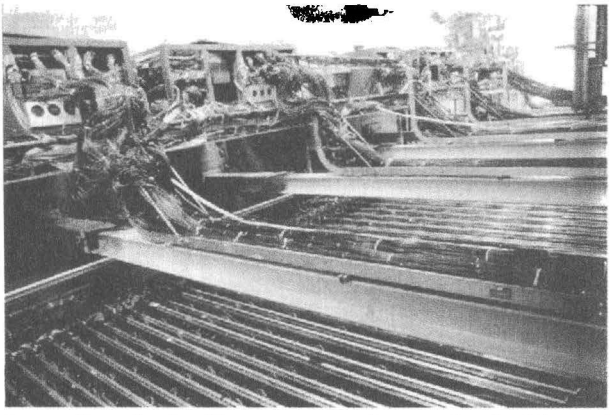
WIMP'ler geniş bir sınıflamayı içeren hipotetik cisimleri kapsar. Bu cisimlerin ortak özelliği normal madde ile ender olarak etkileşmeleridir. Bunlar, aksiyonlar (erken dönem evrenine ait teorilerde sözedilen büyük tanecikler), süpersimetrik tanecikler ve diğer yabancı tip atomaltı taneciklerdir.

WIMP'ler nasıl meydana çıkarılabilir? Bazı bilimadamları, çok şiddetli atom çarpışmaları ile bunların yerlerini saptamaya çalışmaktadırlar; yani onları, bilinen taneciklerle çok büyük hızlarla çarpıştırarak, sıradışı yan ürünler bulmayı ummaktadırlar.

Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nden üç araştırmacı bundan daha iyi bir yöntem bulduklarına inanmaktadırlar. Bu kişiler, WIMP'lerin çarpışma etkilerinin işaretlerini bulmak için, yarım milyar yaşındaki küçük bir mika örneğini araştırmaktadırlar. Onlara göre, kayanın içindeki karmaşık kimyasal dönüşümler, geçmişteki WIMP çarpışmalarının izlerine ait kanıtları ele verecektir.

Tanecik kuramına göre, eğer bir kaya parçası üzerini WIMP çarparsa, kayanın atom çekirdeklerinden birinin yer değiştirme şansı ortaya çıkabilir. Bu çekirdeğin yer değişimi, muhtemelen diğer atomlardan elektronların sökülüp çıkarılmasına sebep olacaktır. Zamanla kaya içinde yavaş yavaş, değişen atomların meydana getirdiği bir şerit şekli oluşacaktır. İşte Berkeley'deki araştırma grubu bu kimyasal değişikliği keşfetmeyi umut etmektedir.

Bu araştırma grubu çok küçük bir kaya parçasını, 1-milimetre ka-



New York, Long Island'daki Brooklaven Milli Laboratuvarı'ndaki muazzam nötrino dedektörü.

renin yüzde sekizi kadar olan büyüklükte bir örneği test etti ve WIMP izlerine henüz gözleyemedi . Fakat şanslarını arttırmak için, şimdi daha büyük örneklerle çalışmakta ve yakalanması güç bu taneciklerin varlığını ispatlamaya gayret etmektedirler.

Gözden çıkarılan bir karanlık madde adayı, nötrino, yakın zamanlarda yeniden gündeme geldi. 1970'li yıllarda, çekirdek parçalanması esnasında ortaya çıkan sıradan nötrino, kozmosdaki kayıp madde için hemen hemen herkesin listesinin başında yer alan bir karanlık madde adayı idi. Bununla beraber o zamanlar nötrino kütlesinin sıfır veya sıfıra çok yakın bir değerde olduğu düşünüldüğünde, tam değeri bilinmemekteydi. Yine de teorisyenler, nötrino kütlesinin çok çok küçük olması halinde bile, karanlık madde sorununun çözülebileceğini hesapladılar. Çünkü evrendeki nötrino sayısı sayılamayacak kadar çoktur; her birinin, çok küçük de olsa, bir kütleye sahip olması çok büyük değerde bir toplam kütle ortaya çıkarır. Ne yazık ki, üst üste tekrarlanan deneyler nötrinonun kütlesiz olduğunu göstermekteydi. Doğal olarak nötrino bu durumda gündemde kalamazdı.

1994'te nötrino parlak bir şekilde yeniden aday listesine girdi. Hywel White yönetimindeki Los Alamos fizikçileri, bin tank dolusu madeni yağ ve 1220 fototüpten (ışık dedektörleri) oluşan bir seri kullanarak yok olan nötrino kütlelerini ölçmeyi denediler. Başka tanecik-

Karanlık Madde : Sıcak mı, Soğuk mu, yoksa Karışık mı?

Astrofizikçiler kozmosdaki karanlık maddenin sıcaklığı hakkında heyecanlı bir tartışmayla uğraşmaktadırlar. Nedeni şudur: sıcak olduğu varsayılırsa, evrende yapı oluşumu modelleri için, içerdikleri maddeye ait ortalama bir hız tahmini gerekir. Ortalama hız ve sıcaklık sıkı sıkıya ilişkilidir; sıcak madde tanecikleri, ortalama olarak, soğuk olanlarınkinden daha hızlı hareket eder ve soğuk madde parçalarınınkilerden daha büyük, geniş yayılımlı yapılar yaratır.

Uzun zaman evren modellerinde soğuk karanlık madde (örneğin WIMP'le) içeren yapı oluşumu senaryoları gözdeydi. Bilgisayar benzetmesi yöntemlerinde galaksi yaratılışını iyi bir şekilde temsil eden bu modeller sürüp gidiyordu. Bu yaklaşımın başlıca olumsuz yanı, büyük boyutlu galaksi dağılımı benzetmelerinde yetersiz kalmasıydı.

Halbuki bulunan sıcak madde (örneğin kütleli nötrinoların varlığını içeren) senaryoları, süperkümeler, köpükler, duvarlar ve boşluklar gibi evrendeki bilinen büyük boyutlu oluşumların varlığını kusursuz bir şekilde göstermektedir. Fakat ne yazık ki bu kez, galaksi büyüklüğündeki cisimler temsil edilememektedir.

Şimdi ise, bilimadamlarının çoğu soğuk ve sıcak karanlık madde karışımı içeren seçmeli yaklaşımları yeğlemektedirler. Hem evren yapısı hakkında bilinenleri en iyi şekilde temsil eden modelleri karıştırmaktadırlar, hem de tanecik içeriği bakımından çağdaş görüşlere uymaktadırlar. Astrofizikçi Edmund Bertschinger bilgisayar benzetmesi yönteminde yüzde 80'lik soğuk karanlık madde ve nötrinolar gibi yüzde 20'lik sıcak karanlık madde bileşiminin galaksi oluşumunu çok etkin bir şekilde ortaya koyduğunu buldu.

lere dönüşürken yakalanan bu nötrinolar, yok olurken ışık vermektedirler; ışığın yayınımı kütlelerine bağlıdır. Dedektörlerin yakaladığı bu ışınım biliminsanları tarafından analiz edilmektedir.

Nötrinoların bu şekilde yapı değişimine uğraması gerçeği onların, elektronlar gibi, kütleli cisimler olduğunun göstergesidir. Kütlesiz nesneler şekil değiştirmezler. Bunun aksine, kütleli tanecikler, uygun

koşulların olması halinde, parçalanma olanağına sahiptirler.

Los Alamos ekibi nötrino kütlelerinin 0,5 ile 5 elektron volt değerleri arasında olduğunu vermektedir. (Bir elektron volt bir proton kütlesinin milyonda birine eşdeğer bir enerjiye denk düşmektedir). Fakat uzayda öyle çok nötrino vardır ki, (bir desimetre küpte milyarlarca) toplam kütleleri, bilinen galaksilerin hepsinin bir arada ortaya koydukları toplam kütlenin üstünde bir değere erişebilir.

Artık biliminsanlarının çoğu karanlık maddenin tek bir nesne olmadığı konusunda ikna olmuştur. Birkaç yıl önce MACHO'ların varlığına ilişkin kuvvetli deneysel kanıtlar ortaya çıkmıştı. Aynı şekilde, kütleli nötrinoların egemenliğine ilişkin göstergeler mevcuttur. Henüz keşfedilmemiş olmakla beraber, WIMP'ler, galaksilerin ve diğer kozmik oluşumların gelişimlerine ait kuramsal modellerin önemli bileşenleri olma özelliğini taşımaktadırlar. Böylece karanlık madde, bunlardan biri veya bunların hepsi anlamına gelmektedir.

Evrendeki yapı oluşumlarında madde ve enerjinin nasıl bir rol oynadığını anlamak için, Büyük Patlama'nın erken dönemlerinde bu ikisinin nasıl dağıldığı incelenmelidir. Tüm uzaya dağılmış mikrodalga fon ışınımının analizi ile evrenin ilk dönemlerinin dikkat çekici ve ayrıntılı şekli gözler önüne serilebilir. 30 yılı aşkın bir zaman önce keşfedilmiş bu ışınım bilim için bir şanstır; çünkü böylece, Büyük Patlama'nın karmaşık yapısı ilk defa incelenebilme olanağına kavuşmuştur.

BÖLÜM ON

IŞIK GÖSTERİSİ

Bell laboratuvarında çalışan iki araştırmacının, Arno Penzias ve Robert Wilson'un 1964 yılında gerçekleştirdikleri şaşırtıcı keşif Büyük Patlama kuramının doğruluğunu kanıtlayarak rahat bir nefes alınmasını sağladı. Kozmik fon ışınımı adı verilen keşif, hiç beklenilmeyen bir şey olduğundan, çok ilgi çekti.

New Jersey'de, Holmdel'deki 20-ayak çapında radyo çanağını kullanarak Samanyolu'ndan gelen mikrodalgaları araştıran Penzias ve Wilson'u gözlem boyunca garip ve sürekli "vızıltı" şeklinde bir parazit rahatsız etti durdu. İki arkadaş ne kadar gayret ettiler, araçlarını düzeltmek için durmadan uğraştılarsa da, bu vızıltıyı yok edemediler. Başlangıçta suçu alıcılarına yüklediler; baştan sona tekrar tekrar temizlediler fakat vızıltıyı kesemediler. Sonunda, bunların uzayın derinlerinden gelen gerçek sinyaller olduğuna kendilerini inandırmaya zorladılar.

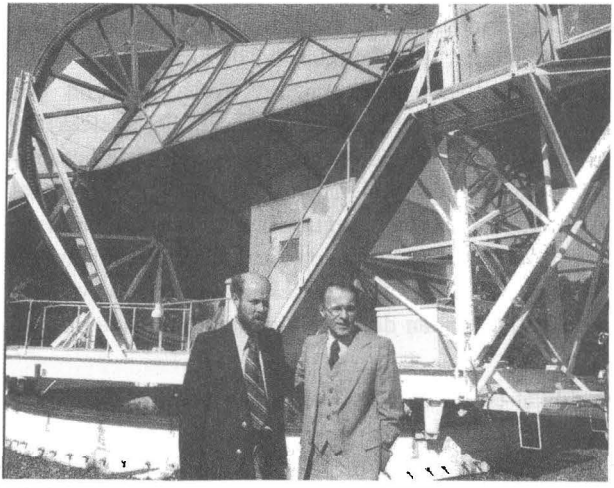
1940'lı yılların sonlarında George Gamow, Ralph Alpher ve Robert Herman isimli fizikçiler, yayınladıkları bir dizi makalede, Büyük Patlama kuramının ispatlanmasında kozmik fon ışınımının çok önemli olduğunu ileri sürmüşlerdi. Bu ışınımın şimdiki sıcaklığının? (mutlak sıfırın üstünde 3 derece) olması gerektiğini de hesaplamışlardı. 1960'lı yıllarda aynı hesapları yapan Robert Dicke, Penzias ve Wilson'un vızıltı kaynağının ne olduğunu hemen kavradı. Görünen oydu ki, bu iki arkadaş evren yaratılışından arta kalan fakat zamanla soğumuş olan ışınımı keşfetmişlerdi. Gerçekten de, Penzias ve Wilson daha sonraları buluşlarından dolayı Nobel ödülü almaya hak kazandılar.

Bu ışınımın dikkat çekici özelliği olağanüstü tekdüze olmasıydı. Yani radyo çanağı hangi yöne çevrilirse çevrilsin, saptanan mikrodalga kaynağının sıcaklığı hep aynıydı. 1960'lı yılların sonlarında ve 1970'li yılların başlarında durmadan tekrarlanan deneyler bu tek düzeliği hep doğruladı.

Kozmik fon ışınımının, bütün gökyüzü boyunca yayılmış belli sıcaklıktaki bir kaynaktan yayınlanmış olması, bir bakıma sevindiriciydi. Çünkü, böylece yerel bir olay olmayıp, evrensel olduğu açıkça görülmektedir. Bu nedenle araştırıcılar, bu enerjinin dünyevi bir kaynaktan ileri gelmeyip, geri giderek büyük patlamanın erken dönemlerinin yeniden birleşme evresine kadar vardığına ikna oldular.

Fakat diğer taraftan mikrodalga kaynağının sıcaklığı aşırı derecede tekdüze bulunmaktaydı. Çünkü evrendeki yapı oluşumu kuramları fon ışınımında ufak düzensizlikler öngörmektedir. Oysa fon ışınımında böyle küçük düzensizlikler hiç görülmemektedir.

Kozmik fon ışınımında düzensizlik beklentisi ise, biliminsanlarının, evrenin yapısal kaynağının böyle düzensizlikler olduğuna inanmasından kaynaklanmaktadır. Zel'dovich görüşünü temsil eden yukardan-aşağı modellerden, Peebles senaryosunu temsil eden aşağıdan-yukarı modellere kadar, galaktik oluşum modellerinin çoğuna göre, günümüzdeki yapının tohumları evrenin erken dönemlerinde yoğunluk düzensizlikleri olarak ekilmiştir. Başka bir deyişle, erken

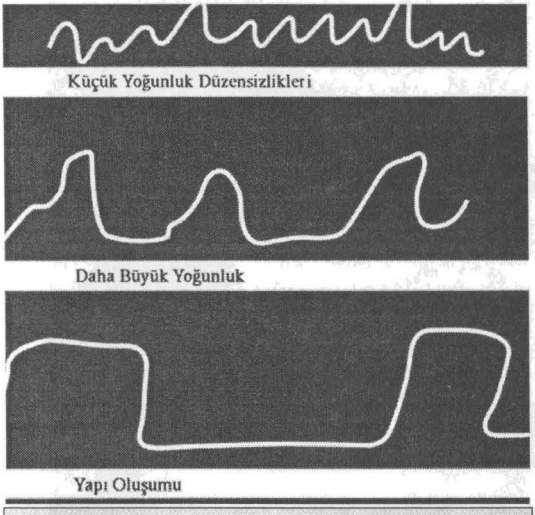


Kozmik mikrodalga fon ışınımını keşfeden Arno Penzias ve Robert Wilson.

dönemin yeniden birleşme evresinde hem çok yoğun, hem de az yoğun bölgelerin olması gerekir. Zaman ilerledikçe yoğun olanlar, kuvvetli çekimleri nedeni ile, gittikçe daha çok maddeyi bünyelerine kattılar ve bugün galaksiler, kümeler, süper kümeler, tabakalar ve şeritler olarak bildiğimiz yapılara eriştiler. Küçük yığınlar gittikçe büyüdü ve bu devam etti. Diğer taraftan, çekim gücü az olan düşük yoğunluklu bölgeler de, bugün boşluklar olarak galaksiler arasında gözlediğimiz uzay bölgelerini meydana getirdi.

Fizikçiler, bugün gözlediğimiz çeşitlilikteki yapıların oluşmuş olması için, yeniden birleşme evresinde yoğunluk düzensizliklerinin hangi büyüklükte olması gerektiğini hesapladılar. Evrenin bu döneminde yaklaşık olarak binde bir değerinde yoğunluk farkı olması gerektiği sonucunu buldular. Başka bir deyişle, belli bölgelerin ortalamadan binde bir daha az yoğun olması yeterliydi.

Ayrıca, astrofizik kuramına göre, yeniden birleşme evresinde açığa çıkan ışınımdaki sıcaklık farklılığı, doğrudan doğruya bu maddedeki yoğunluk farklılığı ile ilşkilidir. Bu nedenle, teoriye göre, kozmik mikrodalga fonunda, madde dağılımındaki dalgalanmaları akset-



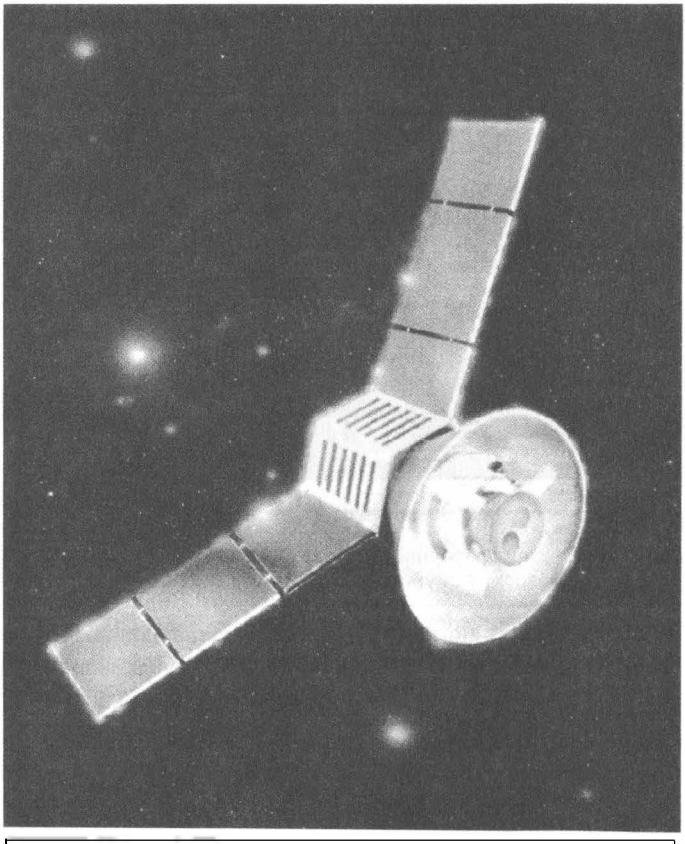
Erken dönem evrenindek yoğunluk düzensizlikleri gelişerek günümüzdeki yapıyı ortaya koydu.

tiren, sıcaklık "dalgaları" bulunmalıdır.

1997 yılında astronom George Smoot yönetimindeki Lawrence Berkeley ve Kaliforniya Üniversitesi Uzay Bilimleri labaratuvarlarının bazı elemanlarından oluşan ekip fon ışınımında sıcaklık farklılıklarını gösteren ilk delikleri ortaya çıkardılar. Bununla beraber bu farklılıklar rahat nefes aldıramadı; çünkü eski zamanlara ait "dalgalardan" değil, "dipol ansotropi" denilen bir olaydan kaynaklanmaktaydı.

Dipol anisotropi bir Doppler olayı olup, Samanyolu'nun kozmik mikrodalga denizinde ileri doğru hareketinden ileri gelir. Tıpkı okyanusta yol alan bir geminin kendisine doğru gelen dalgaları itmesi gibi, galaksimiz de, kozmik mikrodalga fonunda karşı karşıya kaldığı dalgaları sürekli iter. Böylece gökyüzünü kaplayan mikrodalga ışınımı da, Doppler kaymasının gereği olarak, ileri veya geri hareket yönüne göre (Samanyolu'na göre) değişir. Galaksimizin hareket yönünde hafifçe daha sıcak, aksi yönde ise hafifçe daha soğuk görünür.

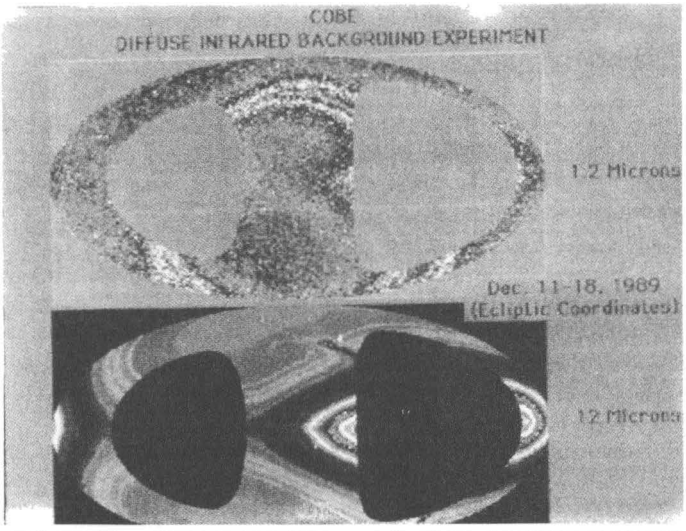
Bu çok küçük sıcaklık farklılıkları, yukarda sözü edilen ekip tarafından, Milli Uçuş ve Hareket Dairesi'nin (NASA) atmosferin yüksek bölgelerindeki Ams U-2 isimli gemisine yerleştirilen duyarlı radyometrelerle (radyo dalgası dedektörü) saptandı. Dipol anisotropi'nin duyarlılık derecesini en yüksek değere çıkarmak amaca ile dedektörler



Uzaya 1989'da fırlatılan NASA'nın Kozmik Fon Kâşifi COBE'nin temsili görünümü.

farklı yönlere ayarlandı. Saptanan sinyallerin, teorik olarak Doppler olayından hesaplanan değerlere uyması herkesi sevindirdi.

Bu dipol salınımları bulunur bulunmaz, Smoot, evrenin erken döneminden kalan gerçek kalıntılara ait farklılıkları araştırmak için hemen planlar yapmaya başladı. Bu amaçla diferansiyel mikrodalga rad



COBE gök haritasının gösterdiği sıcaklık dalgalanmaları, açık bir şekilde gökyüzünün "sıcak" ve "soğuk" bölgelerini gözler önüne sermektedir; böylece erken dönem evrenindeki çok küçük yoğunluk değişimleri de görülmüş olmaktadır.

yometresi (DMR) adını verdiği, duyarlılık derecesi yüksek özel bir dedektör tasarladı. DMR benzerleri arasında tektir; çünkü, tek bir noktanın sıcaklığını saptamaz. Bunun yerine, bir çift anten kullanılması ile, gökyüzünün iki farklı bölgesi arasındaki sıcaklık farkını ölçer. Bu, diğer radyometrelerin yaptığından çok daha doğru değerler verir; milyonda bir değerinde sıcaklık farkını ölçebilir.

Gerçekte DMR üç ayrı radyo bandına ayarlanmış üç ayrı radyometreden oluşur. Bu bandların frekansları, kozmik ışınım fonunun büyük ölçüde hüküm sürdüğü spektrum bölgesinden seçilmiştir. Örneğin bu dalga boylarında kozmik fon, galaktik mikrodalga yayınından bin defa, hatta daha fazla kuvvetlidir.

Smoot DMR yapımını bitirince, onu uzaya yollama hazırlığına

Yukarı, daha Yukarı ve Öteye

Gökyüzünde kozmik mikrodalga fonundaki dalgalanmaları başarılı bir şekilde araştıran tek uydu COBE değildir. Uydular kadar yükseğe çıkamamakla beraber, balonlar bu konuda yaygın araç taşıyıcılarıdır. Çünkü balonlar hem daha ucuzdurlar, hem de planlanmaları, hazırlanmaları uydularınkinden daha kolaydır.

1989 yılında balonla taşınan bir araç New Mexico üzerinde 12 saat boyunca gökyüzünü araştırdı; mikrodalga fon sıcaklığının değerlerini ayrıntılı olarak ölçtü. Değişik kuruluşların bilimadamlarından oluşan bir ekibin bu alıcı ile saptanan ölçümleri analiz edip, değerlendirmesi hemen hemen dört yıl sürdü; nihayet 1993 Şubatında sonuçlar açıklandı. Sonuçların COBE'nin sıcaklık haritası ile çok iyi uyum sağladığı görüldü.

Diğer balon seferleri, mikrodalga fonunda COBE'nin başardığından daha ayrıntılı ince yapı elde etme amacına yöneltildi. Daha duyarlı ölçümler evrenin yeniden birleşme dönemi olarak isimlendirilen evresi hakkında daha çok bilgi verebilir; bu evre kozmik ışınının serbest kaldığı ve yapının şekillenmeye başladığı zamana rastlar. Kısaltılmış ifadesi MAX (Millimeter Anisotropy Experiment) olan Milimetrik Anisotropi Deneyi ve kısaltılmış ifadesi MSAM (Medium-Scale Anisotropy Measurement) olan Orta-Ölçekli Anisotropi Ölçümleri böyle balonlarla yapılan tarama örnekleridir; her ikisi de 1990'lı yılların başlarında fırlatılmıştır.

başladı. NASA program dizisindeki Challenger uzay mekiği facıası nedeniyle, programını uygulaması yıllar sürdü. Nihayet 1989 yılı başlarında Smoot ve arkadaşları programlarını uygulamak için NASA'nın onayını aldılar. O yılın Kasım ayında DMR, Kozmik Fon Kaşifi (Cosmic Background Explorer) (COBE) adı verilen uyduya yerleştirildi. COBE atmosferin üstünde öyle bir yörüngeye yerleştirilmişti ki, hem Dünya atmosferinin bozucu etkisinin üstünde, hem de, aynı şekilde zarar verici olan, yüklü tanecik kuşağının altındadır.

1992 yılında Smoot uzun zamandır beklenen açıklamasını yaptı;

nihayet kozmik fondaki kalıntıların keşfedildiğini ve uzayda 100 milyon ışık-yılı boyunca uzanan sıcak ve soğuk bölgeler saptadığını bildirdi. Bu kuşaklardaki sıcaklık, ortalama sıcaklık olan 2.73 dereceye göre, yüz bin derece kadar farklılık göstermiştir. Başka bir deyişle, bölgeler arasındaki değişim kabaca milyonda altıya varmaktadır.

Astronomlar Smoot'un sonuçlarını hemen Büyük Patlama modelini destekleyen kuvvetli kanıtlar olarak kabul ettiler. Bulunan ortalama ışınım sıcaklığı kozmik fon örneğine ait teorik bulgulara uymaktadır. Ayrıca keşfedilen değişim de, yapı oluşumu şemasının teorik değerlerine denk düşmektedir. Sonuç olarak, evrende karanlık madde bolluğuna ait güvenilir kanıtlar ortaya konulmuş olmaktadır. Bütün bunlar hesaba katıldığında, Smoot ve arkadaşlarının yirminci asrın sonlarında büyük kozmolojik zaferlerden birine imza attıkları söylenebilir.

Erken evrenin ışınım şekli hakkında ayrıntılı bilgi ile donanmış astrofizikçiler şimdi yapı oluşumu ile ilgili kuramları yeniden gözden geçirmekle uğraşmaktadırlar. Bazıları, ilk dönem tohumlarından galaksilerin nasıl geliştiğini gösteren modelleri geliştirmeye çalışırken, diğerleri daha erken dönemlere erişmeye ve bu yığınların kökenini açıklamaya gayret etmektedirler. Bu düzensizliklerin, kozmik yapının ilkel temellerini ortaya koyacak şekilde, böylesine uygun büyüklük ve sayıda nasıl meydana çıktığı hakkında kafa yormaktadırlar.

İlkel yoğunluk farklılıklarının kökeni hakkında şimdiden birkaç öncü kuram var. Bunlardan en göze çarpanı enflasyonist evren örneğini içermektedir. Bu senaryoya göre kozmos, tarihinin erken döneminde son derece hızlı bir büyüme evresinden geçmiş ve birden şişmiştir. Bu çok büyük şişmenin ardından, geriye, bugün gözlenen daha yavaş genişleme hızı kalmıştır.

Enflasyonist kozmoloji galaksi tohumlarının nasıl oluştuğunu açıklamaktadır. Şişme şemasına göre, düzensizlikler, evrenin doğuşu esnasında meydana gelen çok küçük kuantum dalgaları olarak ortaya çıkar. (Kuantum dalgalanmaları mikroskopik enerji alanları olup, kuantum mekaniğine göre, çok küçük herhangi bir uzay bölgesinde kendiliğinden ortaya çıkar). Sonra, evrenin büyüme atağı esnasında, bu

dalgalanmalar yayılarak, boyut olarak büyürler ve muhtemelen kozmik yapının tohumlarını oluşturmaya yeterli büyüklüğe erişirler.

Enflasyonist görüşe karşı bir diğer seçenek doku kuramıdır. Dokular evrenin bünyesindeki varsayıma dayalı "kusurlardır" ve faz değişimi olarak isimlendirilen zamanlarda ortaya çıktıklarına inanılmaktadır. Faz değişimi (sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan ani şekil değişiklikleri) doğada pek boldur; örneğin sıvı su sıcaklığı düştüğü zaman katı buz olur. Soğuduğunda evrenin de benzer değişikliklere uğradığı düşünülmektedir. Gittikçe daha soğuk olurken, enerji alanları benzer şekilde değişir. Birden donduğunda muhtemelen, buzun içindeki çatlak yollara benzer şekilde, erken evrenin hızla değişmekte olan kuvvet alanlarının arasında yarıklara benzer dokular gelişir. Bu modele göre, kozmik yapı uzayın doku bölgelerinin etrafında gelişir.

Bu ikisi, kozmik yapı kuramları içinde, son yıllarda kendilerini kabul ettirmiş olanlardır. Mikrodalga fon ışınımının şekli daha iyi bilindiğinde, biliminsanları bu görüşler arasında tercihlerini yapacaklardır. Çünkü bu konudaki veriler öylesinc hızlı artmaktadır ki, çok yakında insanlık, evrende yapı yaratılışına ait tüm işlemin nasıl işlediğini anlayacaktır.

SONUÇ

EVRENİN GELECEĞİ

Penzias ve Wilson'un keşfini izleyen 30 yıl, yirminci yüzyıl kozmoloji tarihinin en verimli yılları olmuştur. Uzayın çok derinlerine ulaşılabilmiş ve zaman olarak öylesine geriye gidilebilinmiştir ki, böyle bir şey bu keşif öncesi hayal bile edilemezdi. Gerçek şudur ki, bugün evren hakkında, daha önceleri hiç olmadığı kadar, derin ve zengin bilgilerle donatılmış durumdayız.

Bugün, Evren'in bir zamanlar olağanüstü sıcak ve tasavvur edilemeyecek kadar küçük olduğu biliniyor. Bunun dışında, henüz çok gençken düzgün bir yapıya sahip olduğu sanılıyor; yani enflasyonist büyüme evresinde, herhangi bir şekilde, büyük düzensizlikler yok edilmiştir. Bu geniş kapsamlı düzgün yapıya rağmen, yine de galaksilerin işaretleri olan küçük tohumlarla bezenmiş olmalıdır.

Geçmişteki bir zamanla, basit atomların teşekkül etmesi ile koz-

mik ışınım serbest kalıp, bütün uzayı doldurmuştur (ve muhtemelen bu ışınım, çok çok sonraları, Penzias, Wilson ve diğerleri tarafından saptanıp haritalanmıştır). Bu dönemde yeni yeni yaratılan atomlar evrenin daha yoğun bölgelerinde, muhtemelen yoğun karanlık madde ile dolu bölgelerinde toplanmıştır. Yapılaşma, galaksilerde yoğunlaşmış dev sıcak madde bulutları, kümeler ve süperkümeler olarak meydana çıkmıştır. Aynı zamanda hem kozmik köpükler, şeritler ve boşluklar gibi daha büyük teşekküller, hem de çok dikkat çekici Büyük Duvar şekillenmeye başlamıştır. Bütün bunlar olurken, evren genişlemesini sürdüğünden, bu cisimler birbirlerinden gittikçe uzaklaşmışlardır. Fon ışınımı ise, gittikçe daha soğuk olmaya başlamıştır.

Hemen ardından, galaksilerde yıldızlar meydana gelmeye başlamıştır. İlk yıldızlar, Populasyon II yıldızları, sadece hidrojen gazından oluşmuştur. Bunların sık sık şiddetli patlamalarla meydana gelen ölümleri sonucu, geriye kalan küllerinden daha genç bir grup yıldız, Populasyon I yıldızları şekillenmiştir. Bu ikinci grubun bazı yıldızları gezegen sistemli olarak oluşmuştur. Bu gezegenli sistemlerin küçük bir kısmı akıllı yaratıkların gelişmesine olanak sağlamıştır. İşte, Dünya olarak isimlendirilen bu gezgenlerin birinin üstünde, siz şu anda evrenimizin gelişimini okumaktasınız.

Bilimadamları anlatılan bu olayların çoğunun meydana gelmiş olmasını mantıklı bulmaktadırlar. Astronomlar ve fizikçiler tarafından, özellikle kozmik mikrodalga fonu ile ilgili bilgiler olmak üzere, 30 yılı aşkın bir süredir toplanan kanıtlara ve temel taneciklerin bugünkü bolluğuna ait verilere dayanarak, Büyük Patlama oldukça iyi bir şekilde açıklanabilmekte ve anlaşılmaktadır.

Yine de, evrenin kökeni kapsamlı bir şekilde düşünüldüğü zaman, onun geleceği hakkında hâlâ önemli ölçüde belirsizlik içinde kalınmaktadır. Evren açık mı, kapalı mı, yoksa düz mü? (Friedmann modelleri olarak verilmiş bu seçenekler 6. Bölüm'de tartışılmıştı). Bir başka deyişle, evren ebediyen genişleyecek mi? Yoksa, bir süre genişleyip, sonra bir gün büzülmeye mi başlayacak? Ya da bu iki durumun arasında ağır aksak yoluna devam mı edecek?

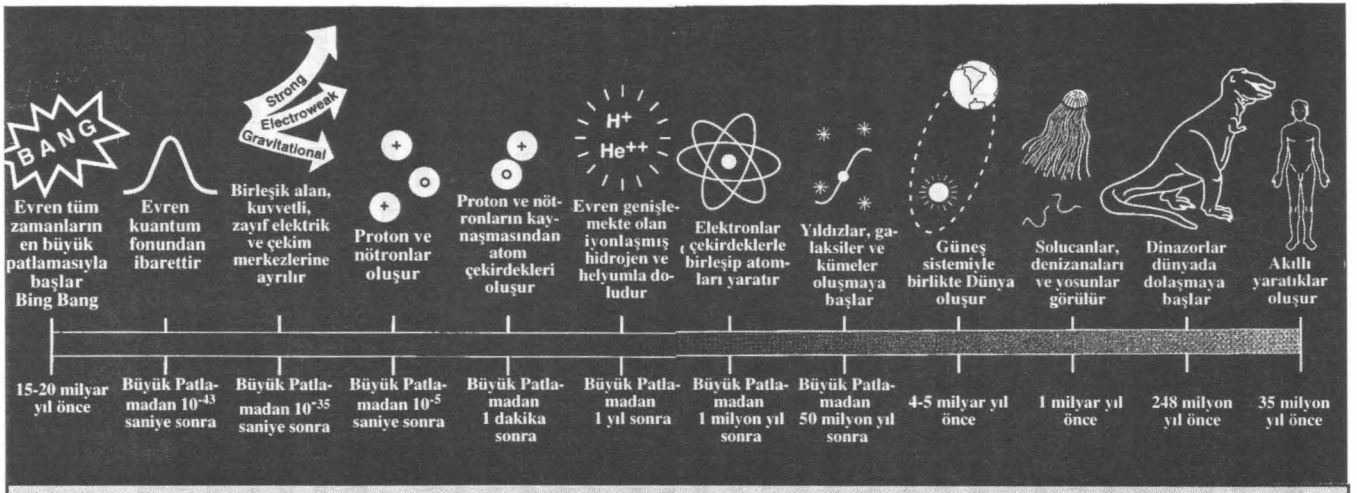
Eğer evren açık veya düz ise, ileri gelecekte mutlak durgunluğa erişecektir. Nedeni şudur: Evren genişlemesini sürdürürken, yavaş yavaş fakat gittikçe daha çok yıldız çekirdeksel yakıtını kullanıp, beyaz cücelere, nötron yıldızlarına ve kara deliklere dönüşecektir. Beyaz cüceler, muhtemelen tümüyle yanıp tükenecek ve geriye kara cüce olarak bilinen cansız gökcisimleri kalacaktır. En sonunda, parlayan son yıldızın ölümü ve kara deliklerin de Hawking işlemi ile (bkz: 4. Bölüm) yok olması sonucu, uzayda kullanılır enerji kalmayacaktır. Yıldızlardan kaynaklanan çekim kuvveti veya herhangi bir diğer yakıt kaynağından çıkan enerji olmayınca, bütün fiziksel etkileşimler tümüyle duracaktır. Sıcak ölüm olarak isimlendirilen bu final durumu aynı zamanda zamanın da sonunu getirecektir.

Diğer taraftan, eğer evren kapalı ise, yok oluş evresi çok daha acıklı bir şekilde olacaktır. Uzak gelecekteki bir zamanda Hubble genişlemesi duracak ve evrensel büzülme başlayacaktır. Uzay büzüldükçe gökyüzündeki bütün galaksiler yollarının yönünü ters çevirecek ve birbirlerine doğru hareket edceklerdir. En sonunda evren bir tekilliğe, yani matematiksel nokta büyüklüğünde bir bölgeye erişir ki, bu olay Büyük Patlama'nın zaman olarak geriye gitmesine benzer.

Teorik olarak, bu farklı olasılıkların omega parametresine bağlı olduğu gösterilmiştir; omega parametresi ise evrendeki madde miktarının, kozmik çökme için gerekli kritik değere göre olan rölatif durumudur. Günümüzde omega değerinin saptanması için değişik yöntemler kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerden biri evrende ne kadar parlak ve karanlık madde olduğunu ölçmektir. Araştırıcılar zaten parlak maddenin kapalı evren için yeterli olmadığını saptamışlardı. Bunun dışında, son zamanlarda elde edilen bulgulara dayanarak, düz veya kapalı evrenin var olmasına yetecek kadar karanlık madde olmadığı da anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar evrenin açık olduğunu düşündürmektedir.

Bununla beraber, bütün bunlardan evrenin geleceği hakkında kesin bir sonuç çıkarmak için henüz erken. Çünkü parlak olmayan madde araştırmaları hâlâ yeterince gelişmiş değil. Daha önce tartışıldığı gi-



Evrenin kısaltılmış zaman çizelgesi

bi, astronomlar, yeni yeni bulgular toplandıkça, karanlık maddenin yapısı ve miktarı hakkındaki değerlendirmelerini yeniden gözden geçirmektedirler. Her yeniden değerlendirme, kozmik kütle tahminini daha çağdaş yapmaktadır.

Diğer taraftan omega değerinin hesaplanması yöntemi evrenin kritik kütlesinin kesin değerine bağlıdır. Fakat ne yazık ki, kritik kütle parametresi Hubble sabitinin bir fonksiyonudur. Bilindiği gibi, astronomlar hâlâ Hubble sabitinin doğru değerini araştırmakla uğraşmaktadırlar; doğal olarak kritik kütlede de belirsizlik sürmektedir.

Bu engelleri aşmak için İngiliz-Amerikan biliminsanlarından oluşan bir ekip omega değerini tamamen bağımsız bir şekilde bulmaya çalışmaktadır. Bu kişiler, yavaşlama parametresi olarak isimlendirilen, omega ile ilişkili bir değeri araştırmaktadırlar. Yavaşlama parametresi evrenin genişleme hızının zamanla değişimini veren bir fonksiyondur. Friedmann kozmolojisinde değeri tam olarak omeganın yarısıdır. Bundan dolayı bu değerin yarımdan küçük, tam yarıma eşit ve yarımdan büyük olması, sırası ile açık, düz ve kapalı evrenleri temsil eder.

İngiliz-Amerikan ekibi uyguladıkları yöntem için Afrika'nın kuzey-batı sahili açıklarında kalan Kanarya Adaları'ndaki güçlü Isaac Newton teleskobunu kullanmaktadırlar. Bu teleskopla çok uzaktaki süpernova patlamalarını gözleyip, uzaklıklarını ve kırmızıya kaymalarını ölçmektedirler. Gözledikleri süpernovalar öyle uzaktadır ki, ışıkları gözlemciye milyarlarca yılda ulaşmaktadır. Yani, gözlemci bu süpernovalar ile gerçekte evren tarihinin çok çok önceki bir dönemini gözlemektedir ve muhtemelen bu dönemde Hubble genişlemesi bugünkünden farklıydı. İşte İngiliz-Amerikan ekibi bu farkı bulmayı, yavaşlama parametresini hesaplamayı ve bu değeri evrenin geleceğini ortaya çıkarmak için kullanmayı ummaktadırlar.

Çağdaş astronomlar çok zaman kendilerini garip paradoks ağıyla kuşatılmış bulmaktadırlar. Bir taraftan, genel rölativite gereği, evrenin geleceğini madde miktarının dağılımını analiz ederek araştırırken, diğer taraftan bu maddenin nasıl dağıldığını anlamak için de,

açık mı, kapalı mı, yoksa düz mü, şeklinde evrenin uzun-zamanlı durumu ile ilgili varsayımlar yapmaktadırlar. Örneğin enflasyonist görüş, günümüzde evrenin düz olmasını gerektirmektedir.

Bu tutarsız durumlardan kurtulmak için, araştırıcılar şimdi kozmosun yapısı ve şekli hakkında daha açık görüşlü olmayı, Büyük Patlama'nın kökeni hakkında bütün gereksiz varsayımlardan uzak durmayı öğrenmektedirler. Bir çoğu evrenin "kurgu modellerine" yönelmiştir. Bu modeller evrenin yaşı, hiyerarşik yapısı ve madde dağılımı hakkında, çelişki içermeyen, çağdaş değerlendirmelere dayanır. Bu yeni teoriler, özellikle günümüzde anlaşılır olan, kozmolojik verileri uzlaştıracak şekilde biçimlenmiştir. Çok zaman bunlar, Friedmann modellerinden ayrılıp, Einstein'ın terk edilmiş kozmolojik sabit terimi gibi, sıradışı özelliklere sığınırlar. Böyle radikal ayrılıkların gerekli olup olmadığını sadece gelecekteki deneyler gösterecektir.

Evren yapısı çalışmalarında heyecanlı bir dönem yaşandığı kesin. Bir taraftan yakın geçmişte yıldızlar, galaksiler ve diğer astronomik cisimler hakkında pek çok bilgi sahibi olunmuştur ve Hubble Uzay Teleskobu aracılığı ile, hemen hemen her birkaç haftada bir, yeni yeni keşifler yapılmaktadır. Diğer taraftan yaş problemi, karanlık madde sorunu, Büyük Çekici gizemi ve evrenin geleceği sorunu gibi durumlar biliminsanlarının kafalarını karıştırmaya devam etmektedir. Evren ne kadar yakından tanınırsa, sorunlar o denli büyümektedir; öyle ki, bu konularla ilgilenenlere hemen bir teleskop bulma ve bunun başına geçip, bütün gece boyunca gökyüzünü gözleyip, neler olup bittiğini doğrudan görme isteği vermektedir.



Evren kaç yaşındadır?
Evren kadar yaşlı oldukları tahmin edilen yıldızları ve galaksileri nasıl açıklarız?
Evren bizim sandığımızdan daha fazla mı yapı içeriyor?
Evren genişlemeye devam edecek mi, yoksa günün birinde yok mu olacak?

Hubble Uzay Teleskobu gibi yeni teknolojik mucizeler uzayın en derin köşelerine ilişkin çok zengin bilgiler ortaya çıkarıyor. Onyıllar süren araştırmanın ardından, bilim insanları, "kayıp madde"yi, Büyük Patlama'dan arta kalan ve evrenin kaderini belirleyecek gözle görünmez maddeyi keşfetmeye artık yakın olduklarına inanıyorlar.

Paul Halpern, kozmolojinin ve teorik fiziğin dilini parçalayarak her meraklının anlayabileceği hale getiriyor. Ortaya çıkan sonuç, mevcut evren bilgimiz ve gelecek öngörülerimiz ışığında muhteşem bir gezintidir.

Paul Halpern, teorik fizikçi ve Philadelphia College of Pharmacy and Science'de profesör. Astronomi ve bilim üzerine çok sayıda kitabın yazarı.

Önsözü hazırlayan Bruce Gregory ise Harvard-Smithsonian Center of Astrophysics yöneticisi ve bilimsel eğitim uzmanıdır.

ISBN 975-8304-37-2
9 789758 304370