



GÜNEŞ SİSTEMİ SAYISIZ GÖKCİSMİNDEN OLUŞUR. BUNLAR ARASINDA GEZEGENLER, UYDULAR, ASTEROİTLER VE BİR "SARI CÜCE" OLAN GÜNEŞ BULUNUR. GÜNEŞ SİSTEMİ 4,5 İLA 4,7 MİLYAR YIL ÖNCE, BİR MOLEKÜL BULUTUNUN SIKIŞIP YOĞUNLAŞMASIYLA OLUŞMUŞTUR.



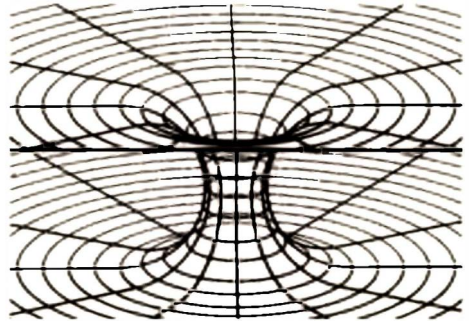
EVREN 101

GÜNEŞ SİSTEMİ'NDEN SOLUCAN DELİĞİ'NE
EVREN HAKKINDA BİLMENİZ GEREKEN HER ŞEY



BİR ÇIRPIDA
ASTRONOMİ
VE
KOZMOLOJİ

SOLUCAN DELİĞİ UZAY-ZAMANIN DOKUSUNDAN GEÇEN VARSAYIMSAL BİR TÜNELDİR. VARSAYIMA GÖRE, BU TÜNEL KULLANILARAK EVRENİN BİR YERİNDEN BİR BAŞKA YERİNE ULAŞILABİLİR.



CAROLYN COLLINS PETERSEN

UZAY YOLCULUĞUNA ÇIKMAYA HAZIR MISINIZ?

Ders kitapları genellikle uzayın güzelliklerini ve gizemini sıkıcı tartışmalarla arka planda bırakırlar. Galileo da böyle bir şey istemezdi tabii ki! Bu yüzden, *Evren 101* sıkıcı ayrıntılara ve uzun anlatılara girmeden, yıldızlarla bezenmiş gökyüzümüzün ardında saklanmış olanları keşfetmenizi sağlayacak ve ilginizi her daim canlı tutacak ilginç bilgileri sizlere eğlenceli bir dille sunmak için hazırlandı.

Büyük Patlama'dan Samanyolu'na, Isaac Newton'dan Henrietta Swan Leavitt gibi başarılı bilim kadınlarına, gökyüzüne dair her şeyi içinde barındıran bu elkitabı, başka hiçbir yerde bulamayacağınız resimler, tablolar ve eğlenceli astronomik bilgilerle dolu!

İster kara deliklerin ardındaki gizemi çözmeye çalışın ister en sevdiğiniz gezegenle ilgili daha fazla bilgi edinmeyi amaçlayın, bütün sorularınızın cevabı *Evren 101*'de; hatta farkında olmadan yanıtını aradığınız soruların bile...



internet satış:
saykitap.com

20 TL



Carolyn Collins Petersen ödüllü bilim yazarı ve yapımcı. Bilim merkezleri ve planetaryumlara içerik sağlayan Loch Ness Production'da CEO olarak görev yapmaktadır. Uluslararası Karanlık Gökyüzü Derneği (International Dark-Sky Association) için çektiği kısa film *Losing the Dark* son yapımlardan bir tanesidir. Petersen ayrıca, Yahoo! News, *Sky&Telescope*, MIT Tech Talk, *the Radcliffe Quarterly*, *StarDate*, Gemini Gözlemevi, Subaru Teleskobu gibi yerlerde yazarlık ve editörlük yapmıştır.

Özlem Özarpacı 1979 yılında İstanbul'da doğdu. 2002 yılında İstanbul Bilgi Üniversitesi Sinema ve Televizyon Bölümünden mezun oldu. Bir süre televizyon sektöründe çalıştı; 2007'den bu yana çeviri ile uğraşmaktadır. Çevirdiği başlıca kitaplar arasında, *Augustus* romanı ile ödül alan yazar John Williams'ın 1960 yılında yazdığı *Butcher's Crossing*, Rick Springfield'in New York Times Çok Satanlarından olan *Olur Böyle B*ktan Şeyler (Magnificent Vibration)* ve Dilbert'in yaratıcısı Scott Adams'ın felsefi romanı *Tanrı'nın Enkazı (God's Debris)* bulunmaktadır.

Carolyn Collins Petersen

EVREN 101

GÜNEŞ SİSTEMİ'NDEN SOLUCAN DELİĞİ'NE
EVREN HAKKINDA BİLMENİZ GEREKEN HER ŞEY

İngilizceden çeviren:
Özlem Özarpacı

Say Yayınları

Herkes İçin Astronomi

Evren 101: Güneş Sistemi'nden Solucan Deliği'ne Evren Hakkında Bilmeniz

Gereken Her Şey / Carolyn Collins Petersen

Özgün adı: *Astronomy 101*

© 2013 F+W Media, Inc. Her hakkı saklıdır.

Bu kitap Adams Media'nın izniyle yayımlanmıştır. Adams Media bir F+W Media Inc. kuruluşudur ve 57 Littlefield Street, Avon, MA 02322, USA adresinde bulunmaktadır.

Türkçe yayın hakları Kesim Ajans aracılığıyla © Say Yayınları

Bu eserin tüm hakları saklıdır. Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz, hiçbir şekilde kopyalanamaz, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

ISBN 978-605-02-0517-6

Sertifika no: 10962

İngilizceden çeviren: Özlem Özarpacı

Yayın koordinatörü: Levent Çeviker

Editör: Sinan Köseoğlu

Kapak uygulama ve sayfa düzeni: Artemis İren

Baskı: Lord Matbaacılık ve Kâğıtçılık

Topkapı-İstanbul

Tel.: (0212) 674 93 54

Sertifika no: 22858

1. baskı: Say Yayınları, 2016

2. baskı: Say Yayınları, 2016

Say Yayınları

Ankara Cad. 22/12 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul

Tel.: (0212) 512 21 58 • Faks: (0212) 512 50 80

www.sayyayincilik.com • e-posta: say@sayyayincilik.com

www.facebook.com/sayyayinlari • www.twitter.com/sayyayinlari

Genel dağıtım: Say Dağıtım Ltd. Şti.

Ankara Cad. 22/4 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul

Tel.: (0212) 528 17 54 • Faks: (0212) 512 50 80

internet satış: www.saykitap.com • e-posta: dagitim@saykitap.com

İÇİNDEKİLER

Giriş.....	9
Astronomi Dili.....	13
Güneş Sistemi.....	16
Güneş.....	23
Uzay İklimi.....	28
Merkür.....	33
Venüs.....	37
Dünya.....	41
Ay.....	46
Mars.....	51
Jüpiter.....	56
Satürn.....	60
Uranüs.....	65
Neptün.....	70
Plüton.....	74
KuyrukluYıldızlar.....	79
Meteorlar ve Meteortaşları.....	84
Asteroitler.....	88
Yıldızlar.....	92
Yıldız Kümeleri.....	98
Yıldız Doğumu.....	102
Yıldız Ölümü.....	106
Kara Delikler.....	110
Galaksiler.....	114
Galaksi Oluşumu.....	118
Samanyolu.....	122
Aktif Galaksiler ve Kuasarlar.....	126
Karanlık Madde.....	130
Evrenin Yapısı.....	135

K�t�le�ekimsel Mercek.....	139
Büyük Patlama.....	144
Bilim-Kurgu Evreni	149
Dünya Dışı Yaşam.....	154
Astronominin Tarihi	158
Nicolaus Copernicus	162
Galileo Galilei	166
Johannes Kepler	170
Herscheller	174
Isaac Newton	178
Henrietta Swan Leavitt.....	182
Edwin P. Hubble	186
Albert Einstein	190
Jocelyn Bell Burnell.....	194
Vera Cooper Rubin.....	198
Clyde Tombaugh	202
Mike Brown.....	205
Astrofizik ve Astronomi.....	209
Astrobiyoloji.....	215
Gezegen Bilimi	219
Kozmik Zaman Makineleri.....	225
<i>Hubble Uzay Teleskobu</i>	229
<i>Kepler Görevi</i>	234
<i>Chandra X-İşını Gözlemevi</i>	240
<i>Spitzer Uzay Teleskobu</i>	245
<i>Fermi</i>	249
Astronominin Geleceği.....	253
Siz de Astronomiyle Uğraşabilirsiniz.....	258
Teşekkürler	263
Kaynakça / Referanslar	265
Dizin	275

*Bu kitabı bütün astronomi hocalarıma ithaf ediyorum.
Sizler bana Ay'ı, gezegenleri, yıldızları ve galaksileri
vaat ettiniz, evren de bana bunları sundu!*

GİRİŞ

Evren 101'e ve evrendeki en büyüleyici bilim dallarından birini keşfetmeye hoş geldiniz! Belki geceleri gökyüzünü izlemekten hoşlanıyorsunuz, belki "yukarılarda" neler olup bittiği hakkında daha çok bilgi edinmek istiyorsunuz, belki de kozmos anlama yolculuğunuza yeni başlıyorsunuz. Burada size bilgi ve ilham verecek bir şeyler mutlaka bulacaksınız.

Küçüklüğümden beri, yani ebeveynlerimle birlikte "yukarılarda" neler olup bittiğini görmek için dışarıya çıktığım zamanlardan bu yana astronomiye ilgim var. Astronot olma hayaliyle büyüdüm ve sonuç olarak üniversitede pek çok astronomi ve gezegen bilimi dersi aldım. Kariyerimin ilk döneminde astronomi araştırması (çoğunlukla kuyrukluysıldızlar hakkında) yaptım ve bu deneyim bana kozmosun karşısında durup (ya da oturup) uzayda yeni keşiflere açılmaktan daha büyüleyici hiçbir şey olmadığını öğretti! Son günlerde insanlara astronomiyi anlatmakla uğraşıyorum çünkü başkalarının da, astronomların bu işe devam etmelerini sağlayan şeyi, yani merak ve keşfin heyecanını deneyimlemelerini istiyorum. Yolcu gemilerinde ve diğer halka açık mekânlarda sık sık astronomi hakkında sunumlar yapıyorum; insanların yıldızlar ve gezegenler hakkında sordukları sorular daima büyüleyici ve iyi düşünülmüş sorular oluyor. Bu da bana, yıldız aşkının her birimizin içine işlediğini ve kozmos hakkında daha çok şey öğrenme isteğini yol açtığını gösteriyor.

Evren 101'de kozmosun tadına varacaksınız. Astronomi, evrendeki cisimler ve bunları şekillendiren olaylar hakkındaki bilimsel çalışmadır. En eski bilim dallarından biri olan astronominin geçmişi, insanların ilk olarak gökyüzüne bakıp gördükleri şeyin ne olduğunu merak ettikleri insanlık tarihinin o eski zamanlarına dek uzanır. Astronomi, içinde olanlara bakarak evrenin nasıl işlediğini anlatır. Kozmos; yıldızlar, gezegenler,

galaksiler ve galaksi kümelerinden oluşur; bütün bunlar da ölçülebilir fizik kuralları ve güçleriyle yönetilirler.

Bu kitaptaki başlıkların her biri size, gezegenlerden evrendeki en uzak cisimlere dek uzanan, içerdiği konuya ilişkin bir fikir vererek astronomiyle uğraşmış bazı kişileri tanıtır ve sizi dünya dışı yaşam gibi bazı "eksantrik" konulara ve TV izleyicilerinin, sinemaseverlerin, bilgisayar oyunu meraklılarının ve okuyucuların aşına olduğu bilimkurgu evrenlerine doğru bir maceraya çıkarır. Kitap boyunca, yörüngelerin işleyiş biçimi ve uzaydaki uzaklıkların hesaplanması gibi astronomi ve uzay hakkındaki bazı temel kavramları farklı noktalardan açıkladım.

Son olarak da, bu her ne kadar bir el kitabı olmasa da son bölümde sizlere, kendi evinizin balkonundan evreni nasıl keşfedebileceğinize ve bütün gökyüzü gözlemcilerinin başının belası olan ışık kirliliğini hafifletmek için hep birlikte nasıl çalışabileceğimize dair birkaç fikir sunuyorum.

Bu kitabı baştan sona okuyabilir ya da okumak istediğiniz bölümleri seçebilirsiniz. Konulardan her biri, sınırsız büyüleyicilikteki evrenin içyüzünü anlamanıza yardımcı olur. Ayrıca okuduğunuz bölüm hakkında daha fazla araştırma yapmak isterseniz kitabın arkasında yer alan referans bölümünde bazı kaynak okumalar bulabilirsiniz.

İnsanlar Neden Astronomiyle Uğraşır?

Astronom Carl Sagan bir defasında modern insanların astronomların soyundan geldiğini söylemişti. İnsanoğlu gökyüzünü her daim izlemiştir. İlk atalarımız, Güneş, Ay ve yıldızların hareketlerini, zamanın geçişiyle ve mevsimlerin değişimiyle bağdaştırmıştı. Zaman içinde onların gökyüzünde yaptıkları hakeretleri tahmin edip tablolarını çıkarmayı öğrendiler. Bu bilgileri, zaman dilimlerini ve takvimleri yaratmak için kullandılar. Gökyüzüne dair net bilgiler, hem denizde hem de uzayda seyahat edenlerin yönlerini bulmalarına yardımcı oldu.

Gökyüzü insanlığı büyülemeye gündelik işlerinde gökyüzünü araç olarak kullanan çobanlar, çiftçiler ve gemicilerle başlamış olabilir ancak bu ilgi zamanla filizlenip bir bilim dalına dönüşmüştür. Profesyonel astronomlar, cisimleri ve olayları oldukça kesin biçimde ölçüp bunların tablosunu çıkarmak için gelişmiş teknolojiler ve teknikler kullanır. Evrenle ve onun içindeki yerimizle ilgili paha biçilmez bilgi hazinesine daha fazlasını ekleyen yeni keşifler devam etmektedir. Buna ek olarak, astronomi ve uzay keşfinin araç ve teknolojileri, gündelik yaşamımıza da girmektedir. Bir uçakla seyahat ettiğinizde, bir akıllı telefon kullandığınızda, ameliyat olduğunuzda, internette dolaştığınızda, kıyafet alışverişi yaptığınızda, yemek yediğinizde, araba sürdüğünüzde ya da her gün yaptığınız sayısız aktiviteden birini gerçekleştirdiğinizde bir şekilde astronomi ve uzay biliminden türemiş bir teknolojiyi kullanırsınız.

Çocukken, Amerikalı yazar Max Ehrmann'ın 1927 yılında yazdığı "Desiderata" isimli şiirden büyülenmiştim. En sevdiğim dizesi şudur: "Sen de evrenin çocuğusun; en az ağaçlar ve yıldızlar kadar, burada olmaya hakkın var." İşte bu yüzden uzayla DNA'mız arasında bir ilişki olduğunu düşünüyorum. Tüm canlılar, kozmosu yaratan, galaksileri oluşturan, yıldızları yaratıp yok eden ve gezegenleri biçimlendiren süreçlerin doğrudan bir sonucudur. Bizler, gerçekten de pek çok açıdan yıldız tozlarıyız. Dünya'da yaşayan her şeyin her bir atomu uzaydan geldi ve zaman içinde başka yıldızları, başka gezegenleri, hatta belki de başka yaşamları yaratacak olan "tozlar"ını uzaya sunacak olan yıldızlardan gelen ışığı gözlemleyecek kadar evrimleşmiş olmamız hem şiirsel, hem de çok keyifli bir durumdur. İşte bu yüzden, yıldızlara duyduğumuz aşkın DNA'mıza işlenmiş olduğunu söyleyebilirim. İster profesyonel bir astronom, ister sıradan bir gözlemci olalım, dikkatimizi uzayın derinliklerine çeken şey budur. Orası, bizim geldiğimiz yerdir.

Evinize hoş geldiniz!

ASTRONOMİ DİLİ

Kitap boyunca astronomiye özel bir dil kullandığımdan bu jargonu anlamanıza yardımcı olacak birkaç tanıma göz atalım.

UZAKLIK

Astronomide uzaklıklar çok hızlı biçimde artar. Astronomlar, Dünya ve Güneş arasındaki mesafeyi tanımlamak için *astronomik birim* (simgesi AB) terimini kullanır. Bu, 149 milyon kilometreye denk gelir (Astronomi metrik birim kullanır). Yani güneş sistemi içindeki uzaklıklar için genellikle AB kullanırız. Örneğin Jüpiter (yörüngesi içindeki yerine bağlı olarak) Güneş'ten 5,2 AB uzaklıktadır, bu da 774,8 milyon kilometre demektir.

Yıldızlararası uzayda başka birimler kullanırız. *Işık yılı* (simgesi ıy) saniyede 300.000 kilometre olan ışık hızının bir yıldaki saniyelerin tamamıyla çarpılmasından elde edilir. Sonuç, ışığın bir yılda kat ettiği mesafe olan 9,5 trilyon kilometredir. Bize en yakın yıldız 4,2 ışık yılı uzaklıktadır. Bu da 9,5 trilyon kilometrenin dörtle çarpılması anlamına gelir. Bunun sonucu çok büyük bir sayı olacağından yıldızın 4,2 ışık yılı uzaklıkta olduğunu söylemek daha kolaydır.

Astronomlar ayrıca *parsek* (ya da kısaca pc) terimini de kullanır. Bir parsek 3,26 ışık yılına eşittir. Meşhur Ülker yıldız kümesi yaklaşık 150 parsek (350-460 ışık yılı kadar) uzaklıktadır. Andromeda Galaksisi adındaki en yakın sarmal galaksi bizden 767 kiloparsek ya da 2,5 milyon ışık yılı uzaklıktadır.

Gerçekten çok büyük mesafeler *megaparseklerle* (milyon parsek ya da Mpc) ölçülür. Samanyolu'na en yakın galaksi kümesi on altı megaparsek kadar ya da yaklaşık 59 milyon ışık yılı uzaklıktadır. En uzun mesafelerse *gigaparsek* (milyar parsek, Gpc) birimiyle ölçülür. İzlenebilen evrenin sınırları bizden 14 Gpc kadar (45,7 milyar ışık yılı) uzaklıktadır.

IŞIK

Işık, astronomide incelediğimiz en temel niteliktir. Bir nesneden yayılan, yansıyan ya da nesne tarafından emilen ışık, o nesneye dair çok fazla şey anlatır. Işık hızı, herhangi bir şeyin evrende hareket edebileceği en büyük hızdır. Boşluk içerisinde genellikle 299.792.458 metre olarak belirtilmiştir. Gayet isabetli olan bu ölçü astronomların ve fizikçilerin kullandığı standarttır. Fakat ışığın hızı, örneğin suyun içinden geçerken saniyede 229.600.000 metreye düşer.

Işık hızı sadece uzaklıkları tanımlamakla kalmaz. Evrenin yaşı hakkında bir fikir edinmemize de yardımcı olur. Kafanızı kaldırıp Ay'a bakın. Gözlerinizin gördüğü "Ay" 1,28 saniye yaşındadır. Güneş, 8,3 ışık dakikası uzaktadır; yani Güneş'i 8,3 dakika önceki haliyle görürsünüz. Proxima Centauri adıyla bilinen en yakın yıldız, yaklaşık dört yıl önce nasıl görüldüğünü bize gösterir. 65 milyon ışık yılı uzaklıkta bulunan bir galaksinin ışığı, dinazorlar nesilleri tükenme tehlikesiyle karşı karşıyayken o galaksiden ayrılmıştır. En uzaktaki objeler ya da olaylar, evrenin kendisi sadece birkaç yüz bin yıl yaşındayken var olmuştur. Astronomlar bunları 13 milyar yıldan da eski olaylar olarak görürler. Uzaya baktığınızda zamanda geriye bakarsınız. Uzayda ne kadar uzağa bakarsanız, o kadar eski bir zamanı görürsünüz. Bu da, kozmosu araştırmak için kullandığımız teleskopların ve aletlerin gerçekten de zaman makineleri olduğu anlamına gelir.

Kırmızıya Kayma ve Maviye Kayma

Kitap boyunca spektrumlar ve spektroskopi hakkında pek çok şey okuyacaksınız. Bunlar bir astronomun alet çantasındaki önemli araçlardandır ve bir nesneden ışığı alarak bileşen dalga boylarına bölerler. Bunun sonucunda da spektrum yani tayf oluşur. Daha önce bir ışığı prizmadan geçirdiniz ve bunun sonucunda oluşan renk dağılımını gördüyseniz spektroskopinin çalışma prensibini anlamışsınız demektir. Bu ikisi arasındaki tek fark, spektrumda

bizim göremediğimiz daha çok “renk” olmasıdır. Gözlerimiz sadece prizmadan çıkan renkleri algılayabilmektedir.

Görünür Işık

Görünür ışık, aşağıdaki renkleri kapsar:

- Kırmızı
 - Turuncu
 - Yeşil
 - Çivit mavisi
 - Mor
 - Mavi
 - Sarı
-

Spektroskopi bir nesnenin ne kadar hızlı ya da yavaş hareket ettiği hakkında bilgi vererek astronomların onun uzaklığını anlamalarına yardımcı olur. Bize doğru hareket eden bir nesne, spektrumunda maviye kayan çizgiler gösterir ya da spektrumun mavi tarafına kayar. Bizden uzaklaşıyorsa, o zaman da çizgiler kırmızıya kaymaktadır ya da spektrumun kırmızı tarafındadır. Kırmızıya kayma terimi sıklıkla, bir nesnenin uzaklığını belirtmek için kullanılmaktadır; örneğin kırmızıya kayma 0,5 ise, astronomlar bunu $z = 0,5$ olarak belirtir.

GÜNEŞ SİSTEMİ

Uzaydaki Mahallemiz

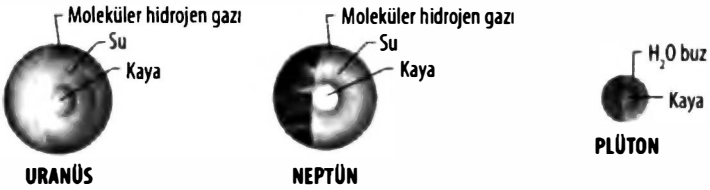
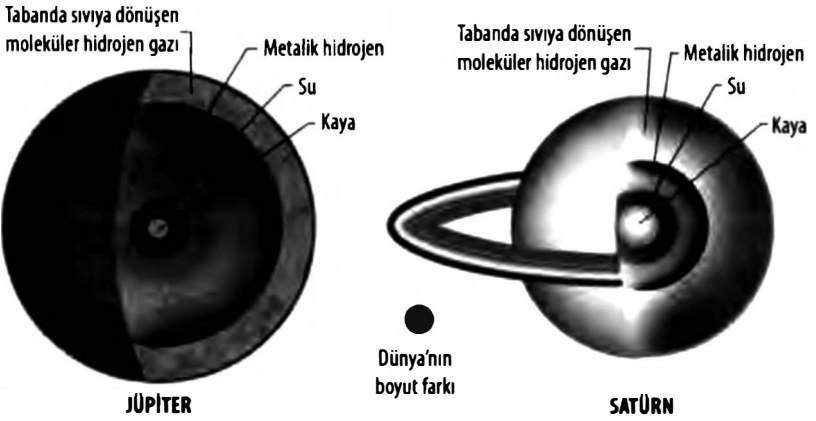
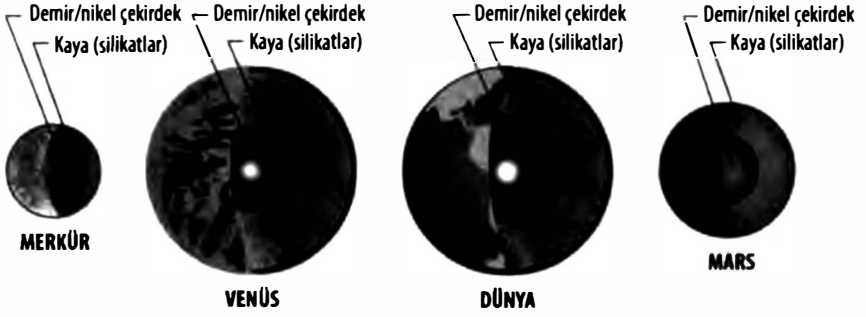
Güneş sistemi, uzaydaki yerel konumumuzdur; Güneş, sekiz gezegen, pek çok cüce gezegen, kuyruklu yıldız, uydu ve asteroidi kapsar. Güneş, güneş sistemi kütlesinin %99,8'ini kaplar. Onun yörüngesindeki bölgede, yani iç güneş sisteminde şunlar bulunur:

- Merkür
- Dünya
- Venüs
- Mars

Mars'ın ötesinde, çeşitli boyutlarda kayalık nesnelerden oluşan Asteroit Kuşağı bulunmaktadır. Dış güneş sistemine, Güneş'in yörüngesinde uzak mesafelerde dönen dört dev gezegen hakimdir ve bunlar, güneş sisteminin kalan kütlesinin %99'unu kaplamaktadır. Bu gezegenler şunlardır:

- Jüpiter
- Uranüs
- Satürn
- Neptün

Son yıllarda gezegen bilimciler (güneş sistemindeki cisimleri araştıran kişiler) Kuiper Kuşağı denen, gaz devlerinin ötesindeki bölgeye çok daha fazla odaklanmışlardır. Bu kuşak, Neptün'ün yörüngesinden Güneş'ten 50 AB uzaklığa kadar uzanır. Bunu, Asteroit Kuşağı'nın daha uzak ve çok daha kapsamlı bir versiyonu olarak düşünebilirsiniz. İçinde, daha küçük ve soğuk pek çok gezegenin yanı sıra cüce gezegenleri de –örneğin Plüton, Haumea, Makemake ve Eris– barındırmaktadır.



Güneş sistemimizdeki gezegenlerin genel bileşimleri.

GÜNEŞ SİSTEMİ ENVANTERİ

1. 1 yıldız
2. 8 ana gezegen
3. 10 (ve artan sayıda) cüce gezegen
4. 146 (ve artan sayıda) uydu
5. 4 halka sistemi
6. Sayısız kuyruklu yıldız
7. Yüz binlerce asteroit

Gezegen bilimciler, güneş sisteminin iç gezegenlerinden sıklıkla “karasal” (terrestrial) gezegenler olarak bahsederler; İngilizce'deki *terrestrial* kelimesi, Latince'de “yeryüzü” anlamına gelen *terra* kelimesinden türemiştir. Dünya'dakine benzer kayalık bileşenlere sahip gezegenleri belirtir. Dünya, Venüs ve Mars'ın elverişli atmosferleri vardır fakat Merkür'ünki oldukça incedir. Bu gezegenler çoğunlukla, sıvı metalik hidrojen ve biraz helyumdan oluşmuş iri kürelerin derinliklerine gömülü, küçük kayalık çekirdeklerden oluşurlar ve bulutlu atmosferlerle kaplıdırlar. En dıştaki iki gezegen Uranüs ve Neptün bazen “buz devleri” olarak anılırlar çünkü onlar önemli ölçüde, aşırı soğuk formda oksijen, karbon, nitrojen, sülfür ve büyük olasılıkla bir miktar su da içerirler.

Oort Bulutu

Bütün güneş sistemi, donmuş buz ve kaya parçalarından oluşmuş Oort Bulutu adı verilen bir kabuk ile çevrilidir. Güneş sistemi ile en yakın yıldız arasındaki mesafenin yaklaşık dörtte birini kaplar. Hem Kuiper Kuşağı, hem de Oort Bulutu gördüğümüz çoğu kuyruklu yıldızın kaynağıdır.

Uydular ve Halkalar

Neredeyse bütün ana gezegenlerin, bazı cüce gezegenlerin ve bazı asteroitlerin doğal uyduları vardır. Bizim en aşına olduğumuz uydu Dünya'nın uydusu olan Ay'dır. Ay'ın (İngilizce lunar kelimesi Ay

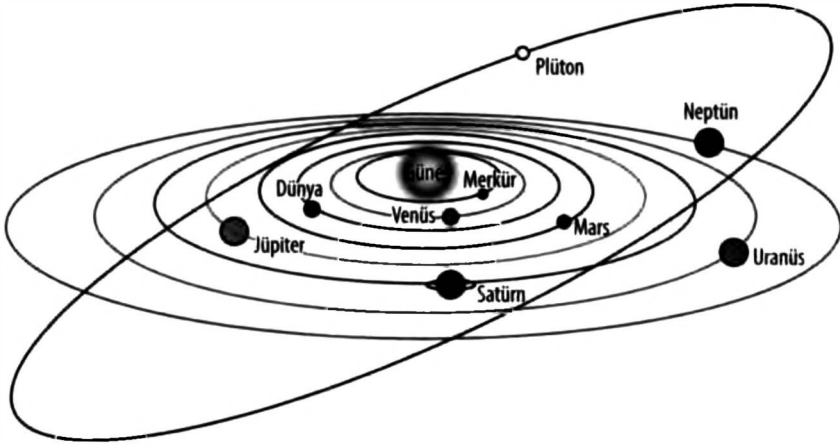
Tanrıçası *Luna* isminden gelir) yüzeyi insanların Dünya haricinde ayak bastığı tek gezegendir. Mars'ın Phobos ve Deimos adında iki uydusu varken Merkür ve Venüs'ün hiç uydusu yoktur.

Gaz devlerinin çevresi uydularla dolup taşmaktadır. Jüpiter'in en büyük dört uydusu Io, Europa, Ganymede ve Callisto'dur; bu uydular, onları keşfeden astronom Galileo Galilei onuruna sıklıkla *Galilei Uyduları* olarak da anılırlar. Geçtiğimiz on yıllar içinde Jüpiter'in yörüngesinde en azından altmış tane daha uydu keşfedilmiştir. Satürn, Uranüs ve Neptün'ün çevresinde de onlarca küçük buzlu gökcismi dolaşır. Kuiper Kuşağı'ndaki cüce gezegen Plüton'un en az beş, Eris'in de en az bir uydusu vardır.

Her bir gaz devinin bir dizi halkası da mevcuttur. Satürn'ünki en kapsamlı ve güzel olandır. Dünya'nın da başlangıcında bir halkaya sahip olmuş olması mümkündür; gezegen bilimciler artık halkaları bir şekilde kısa ömürlü nesneler olarak görmektedir.

Güneş Etrafında Dönmek

Güneş sistemindeki bütün gezegenler yörünge denen bir yolu takip ederek Güneş'in etrafında seyahat ederler. Kepler Kanunları bu yolların özelliklerini tanımlamıştır. Bu kanunlara göre, yollar elips biçimindedir ve Güneş de elipsin iki odak noktasından birinde bulunur. Nesne ne kadar uzak bir yörüngedeyse Güneş'in etrafında dolaşması o kadar uzun zaman alır. Güneş ile nesne arasına bir çizgi çekilirse, Kepler Kanunları'na göre bu çizgi, nesne Güneş'in etrafında dönerken eşit zaman aralıklarında, eşit alanları tarar.



Güneş sistemindeki gezegenler ve yörüngeleri. Gezegen yollarının çoğu, daireye çok yakın olarak bilinir; bir istisna olan Plüton'un yörüngesi ise oldukça yayvandır.

Güneş Sistemi Gezegenleri ve Yörüngeleri

GEZEĞEN	GÜNEŞTEN ORTALAMA UZAKLIK (KM)	YÖRÜNGESEL SÜRE (DÜNYA YILI/ DÜNYA GÜNÜ)
Merkür	57.900.000	0,24 Dünya yılı (88 Dünya günü)
Venüs	108 milyon	0,62 Dünya yılı (226,3 Dünya günü)
Dünya	149 milyon	1 Dünya yılı (365,25 günü)
Mars	227 milyon	1,88 Dünya yılı (686,2 Dünya günü)
Jüpiter	779 milyon	11,86 Dünya yılı (4.380 Dünya günü)
Satürn	1,425 milyar	29,5 Dünya yılı (10.767,5 Dünya günü)
Uranüs	2,85 milyar	84 Dünya yılı (30.660 Dünya günü)
Neptün	4,5 milyar	165 Dünya yılı (60.225 Dünya günü)
Plüton	5,06 milyar	248 Dünya yılı (90.520 Dünya günü)

Gezegen Nedir?

İlk Yunan gökyüzü gözlemcileri gökyüzünde gezinen yıldıza benzer cisimlerden bahsederken *planetes* (gezgin) kelimesini kullanırlardı. Bu gün, gezegen (planet) kelimesini, Plüton hariç, güneş sisteminin sekiz gökcsimi için kullanıyoruz. Gezegen bilimciler 2005'te, Plüton'dan daha büyük olan Eris'i bulduklarında gezegen kelimesinin ne anlama geldiğini daha etraflıca düşünmek durumunda kaldılar. Mevcut tanımda (ki muhtemelen o da tekrar yenilenecektir) bir gezegen, Uluslararası Astronomi Birliği (UAB) tarafından Güneş etrafında birincil yörüngesi bulunan, onlara daire şeklini veren kütleçekimleri için yeterli bir kütleye sahip, yörüngesi civarındaki bütün küçük gezegenleri temizleyen (bu da onun, kendi yörüngesinde, o boyuttaki tek cisim olduğu anlamına gelir) gökcsimi olarak açıklanmıştır. Kuyrukluysıldızlar, asteroitler ve kendi kütleçekimleri sayesinde daire şeklini almamış olan daha küçük gökcisimleri bu karmaşık tanımın dışında kalır. UAB aynı zamanda cüce gezegenler denen bir diğer sınıfı da tanımlamıştır. Bunlar, ilk iki kriteri karşılayan fakat henüz yörüngelerini temizlememiş olan cisimlerdir. Ceres (1801 yılında keşfedilmiş ve uzun bir süre küçük gezegen olarak bilinmiştir) ve yakın zamanda keşfedilmiş Eris, Makemake ve Haumea gezegenlerinin yanı sıra Plüton da artık cüce gezegen olarak sınıflandırılmaktadır.

Gezegenleri Şekillendiren Güçler

Gezegen yüzeylerinde etkili olan birkaç farklı süreç vardır.

- *Volkanizma*, volkanlar mineral zengini lavlar püskürttüğünde oluşur. Bu durum bizim gezegenimizde, Venüs'te ve Jüpiter'in uydusu Io'da gerçekleşmektedir. Geçmişte Merkür ve Mars'ta da meydana gelmiştir.
- *Buzul volkanizması* (cryovolcanism), buzlu maddenin yüzeyin altından fışkırdığı yerlerde olur; çoğunlukla dış güneş sisteminin donmuş uydularında meydana gelir.
- *Tektonizma*, alttan gelen ısıyla, bir gezegen ya da uydunun yüzey katmanlarını bükür. Dünya'daki tektonizma, gezegeni-

mizin yerkabuğunun altındaki kayaç levhalarının hareketlerinden kaynaklanır. Tektonizma Mars'ta da meydana gelmiş olabilir; Venüs'ü etkilemiş gibi görünüyor ve bir çeşit tektonizma da dış güneş sistemindeki bazı buzla kaplı uydularda meydana gelmektedir.

- *Aşınma ve erozyon* da yüzeyleri değişime uğratar. Dünya'da rüzgârın taşıdığı kumlar yüzey şekillerini biçimlendirir ve akan sular yüzeyleri aşındırır. Bu durum aynı zamanda, rüzgârların tozları ve kumları yüzey boyunca savurduğu Mars'ta da meydana gelir. Kapsamlı kanıtlar, bir zamanlar Mars yüzeyi boyunca suların aktığını ya da küçük denizler ve göller olarak mevcut bulunduğunu gösterir.
-

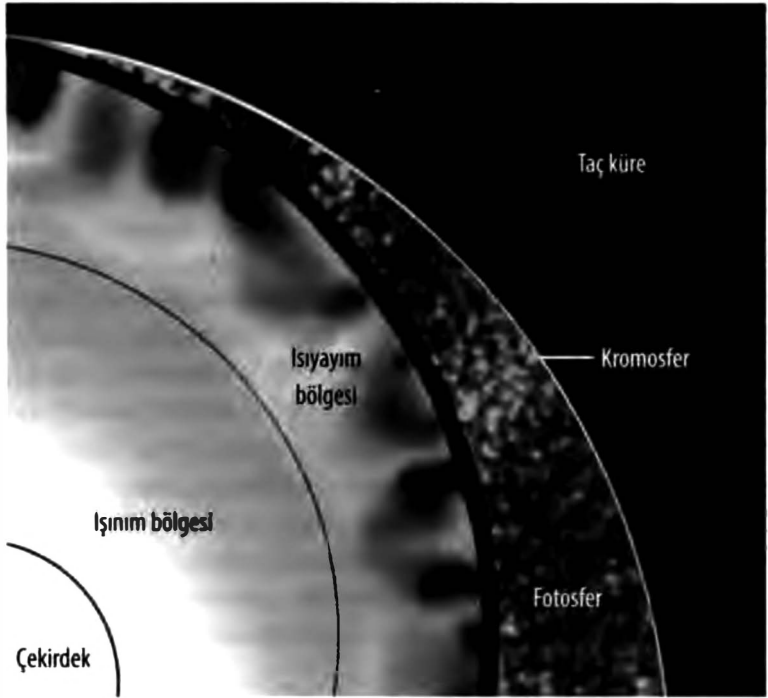
GÜNEŞ

Bir Yıldızla Yaşamak

Güneş hem bir yıldız, hem de güneş sistemimizdeki en büyük ısı ve ışık kaynağıdır. Samanyolu'ndaki en azından birkaç yüz milyar yıldızdan biridir. O olmasa yaşam olmayabilirdi; bu da onu bizim için çok önemli kılıyor. İlk insanlar için Güneş tapınılan bir şeydi. Antik Yunanlılar Helios'a güneş tanrısı olarak çok saygı gösterirlerdi fakat ona karşı, doymak bilmez, bilimsel bir merak da duyuyorlardı. Gökyüzündeki bu parlak şeyin gerçek doğasına ilişkin heyecanlı münazaralar yaparlardı. 1600'lerde İtalyan astronom Galileo Galilei (1564–1642) Güneş'in ne olabileceği hakkında spekülasyonlar yürüttü. Ondan birkaç on yıl sonra Johannes Kepler de (1571–1630) aynı şeyi yaptı. 1800'lerde astronomlar Güneş'in özelliklerini hesaplamak için bilimsel araç gereçler geliştirdiler ve bu da bilimsel bir disiplin olarak güneş fiziğinin başlangıcını oluşturdu.

Güneş Fiziği

Güneş'in fiziki özelliklerini çalışma bilimine güneş fiziği adı verilir ve oldukça aktif bir araştırma alanıdır. Güneş fizikçileri yıldızımızın nasıl işlediğini ve güneş sistemimizin kalanını nasıl etkilediğini açıklamayı amaçlar. Güneş'in ısını ölçer, yapısını hesaplar ve ölçümlerine dayanarak ona yıldız "türü" atarlar. Onların çalışmaları sayesinde, kendi yıldızımızı inceleyerek bütün yıldızlar hakkında daha çok bilgi edinmiş oluruz.



Çekirdek, ışınım bölgesi, ısıyayimsal bölge, kromosfer ve taç küreyi gösteren Güneş'in bir kesiti.

Güneş'in Yapısı

Güneş, esas olarak aşırı ısınmış gazlardan oluşan büyük bir küredir. Tam merkezine yapılacak hayali bir yolculuk onun yapısını gözler önüne serer.

- Önce taç küre olarak bilinen dış güneş atmosferinden içeri doğru ilerlemek durumundayız. Taç küre, bir milyon derecenin epey üzerine çıkan sıcaklıklardaki gazlardan oluşan çok ince bir katmandır.
- Taç küreyi geçtikten sonra kromosfere ulaşırız. Burası ince, kırmızımsı renkte gazlardan oluşan ince bir katmandır ve sıcaklığı

alt kısımda 3.500°C , taç küreye geçişin olduğu yerlerdeyse 34.726°C arasında değişir.

- Kromosferin altında, sıcaklığı 4.226°C ile 5.700°C arasında değişen fotosfer yer alır. Güneş'e baktığınızda asıl gördüğünüz şey fotosferdir. Güneş aslında beyaz olmasına rağmen ışınları mavi ve kırmızı dalga boylarını yok eden atmosferden geçerken sarımsı görünür.
- Fotosferin altına daldığımızda ısıyayım bölgesi denen katmana ulaşırız. Su ya da şurup kaynattıysanız minik kabarcıklar görmüşsünüzdür. Güneş'in ısıyayım bölgesinde de bu kabarcıklı alanlardan vardır. Bunlar, derinlerdeki sıcak maddeler yüzeye çıktıklarında oluşur. Bu kabarcıklar aslında Güneş'in içinde hareket eden akımlardır.
- Bir sonraki katman ışıyım bölgesidir. Bu oldukça açıklayıcı bir isimdir çünkü bu bölge gerçekten de Güneş'in merkezinden ısıyayım bölgesine ısı yayar.
- Nihai olarak da ışıyım bölgesinin altında güneş çekirdeği vardır. Bu en içteki kutsal alan, kocaman bir nükleer fırındır; nükleer füzyonun gerçekleştiği yerdir. Peki bu nasıl olur? Çekirdekteki ısı 15 milyon santigrat dereceye kadar ulaşır. Güneş'in diğer kısımları çekirdeğe Dünya'nın deniz seviyesindeki atmosferik basıncının 340 milyon katı büyüklüğünde bir basınç uygular. Bu aşırı uç şartlar, hidrojen atomlarının, helyum atomları oluşturmak üzere birbirleriyle çarpıştığı kocaman bir düdüklü tencere yaratır. Güneş, her saniye 620 ton hidrojeni helyuma çevirir ve bütün bu ısı ve ışığı sağlayan şey de budur.

Güneş Neden Lekelidir?

Güneş yüzeyinde bazen güneş lekeleri denen koyu renk bölgeler oluşur. Buralar, manyetik alanlarla kaplı bölgelerdir ve koyu renk görünmelerinin sebebi etraflarındaki bölgelerden daha soğuk olmalarıdır. Güneş lekeleri on bir yıllık döngülerle meydana gelirler. Her döngünün ortasına doğru *güneş maksimumu* (solar maksimum) denen dönemde pek çok güneş lekesi görürüz. Ardından çok

az güneş lekesi kalıncaya dek beş yıllık süre içinde kademeli olarak azalır. Bu döneme de *güneş minimumu* (solar minimum) denir.

Güneş lekeleri, solar aktiviteyle, özellikle de güneş püskürtmeleri denen parlak patlamalarla alakalıdır. Koronal kütle atımı denen diğer patlamalar uzaya, harekete geçirilmiş kocaman gaz kütleleri (*plazma*) savurur. Bunlar sıklıkla, solar aktivitenin maksimum olduğu periyotta meydana gelir ve güneş sistemi boyunca gerçekleşen, *uzay iklimi* denen bir fenomene sebep olur.

Güneş'in etkisi bütün güneş sistemine yayılır. Isı ve ışığı gezegenlere kadar ulaşır. Merkür sıcaktan pişerken en uzak gezegenler Güneş'in sıcaklığının küçük bir kısmından faydalanır. Yıldızımız aynı zamanda Güneş rüzgârı denen bir başka etkiye de sebep olur. Yüklü parçacıklardan sürekli olarak esen akım, yaklaşık 100 astromik üniteye (Dünya ve Güneş arasındaki mesafenin yüz katı) kadar yayılır ve güneş sistemini saran iri bir baloncuk yaratır. Bu baloncuğun iç kısmına gündurgun denir. Bunun ötesinde, diğer yıldızların da tıpkı bizim Güneş'imiz gibi nükleer füzyon sürecinden geçtiği yıldızlararası uzay uzanır.

Bunu Biliyor muydunuz?

Voyager uzay aracının yaptığı gibi gündurguna seyahat edebilseniz Güneş, Dünya'daki bakış açımızdan gördüğümüz dostane sarı yıldızdan çok daha farklı görünürdü. Milyonlarca yıldızdan biri olurdu sadece. Fakat o bizim birlikte yaşadığımız yıldız olduğundan bizim için çok önemlidir.

Güneş'i Keşfetmek

Hem profesyonel, hem amatör astronomlar Dünya'nın yüzeyindeki ve uzaydaki gözlemlerini kullanarak yıldızımızı incelerler. Yerde konuşlandırılmış teleskoplar Güneş'in yüzeyini ve atmosferi-

rini bütün açılarıyla ölçerler. Bazı radyo teleskoplar ve radar detektörleri Dünya'nın üst iyonosferindeki Güneş etkisini takip ederler. Bu bilgiler, uzay iklimi olaylarının tahmin edilmesine yardımcı olan modellerde kullanılır. Güneş fizikçileri, Global Salınım Ağ Grubu (Global Oscillation Network Group, GONG) denen bir dizi özel cihaz kullanarak Güneş'in içini incelerler; bu cihazlar, *heliosismoloji* denen bilim dalını kullanarak Güneş boyunca hareket eden ses dalgalarına odaklanır. Güneş Dinamikleri Gözlemevi de bu işi yapmak için gerekli donanıma sahiptir.

NASA Güneş'i ve Dünya'ya olan etkilerini inceleyen uzayda konuşlandırılmış cihazlardan oluşan bir filo sahiptir:

- Güneş Karasal İlişkileri Gözlemevi (STEREO), solar aktivitenin sürekli olarak üç boyutlu görünümünü sunan, yörünge etrafında dönen iki uydudur.
- Güneş Dinamikleri Gözlemevi (SDO), Güneş'in ve patlamalarının gerçek zamanlı görüntüsünü sunar ve heliosismoloji araştırması yapar.
- Güneş ve Heliosferik Gözlemevi (SOHO), Güneş'in üst katmanlarına ve taç küreye odaklanır.

UZAY İKLİMİ

Güneş-Dünya Bağlantısı

Kuzey ya da güney ışıklarını daha önce duydunuz ya da gördünüz mü? Atmosferin üst kısımlarında gerçekleşen bu ışık gösterileri *uzay ikliminin* oldukça iyi huylu bir formudur. Uzay iklimi terimi, genel olarak Güneş'ten kaynaklanan aktiviteler sebebiyle yakın Dünya uzayı çevresinde oluşan değişiklikleri tanımlar. Bu tarz kutup ışıkları solar aktivitenin sebep olduğu atmosferin üst katmanlarındaki düzensizliklerdir; gezegenimizin kutup bölgelerinin yaklaşık 80-90 kilometre yukarısında meydana gelir. Bunlar, Dünya ile Güneş arasındaki sürekli bağlantının dışavurumlarından sadece biridir. Bu, gezegenimize ısı ve ışıktan fazlasını sağlar.

Uzay İklimi Atağa Kalktığında

Güneş sürekli olarak *Güneş rüzgârı* adını verdiğimiz, yüklü parçacıklardan oluşan bir akım yayar. Bu rüzgâr Dünya'nın yanından hızla esip geçerken manyetosferimize çarpar. Burası, manyetik alanımızla bağlı, Dünya çevresindeki uzay bölgesidir. Rüzgârın büyük kısmı anında kayıp gitse de yüklü parçacıkların bir kısmı manyetik alan çizgilerine yakalanır. Manyetik alan çizgilerinin olduğu yerler olan kutup bölgelerine doğru helezon halinde gider. Yüklü parçacıklar iyonosfer denen atmosferin üst kısmındaki gaz moleküllerini harekete geçirir. Bu da onların ışıdamalarına sebep olur; bu ışıltıya da *aurora* denir. Kuzey kutbunda meydana gelirse *aurora borealis*, güney kutbunda olursa *aurora australis* adını alır. Çoğunlukla beyaz ya da yeşil ışıklar saçır. Yine de eğer güneş fırtınası fazlasıyla yüklüyse daha çok ve farklı gazlar harekete geçtiğinden olağanüstü ışık gösterilerinde kırmızılar ve morlar görme şansımız olur.

Enerjik Bir Güneş

Güneş daha aktif olduğu periyotlardan geçer. Bunun en çok bilineni on bir yıllık güneş lekeleri döngüsüdür. Önce az sayıda güneş le-

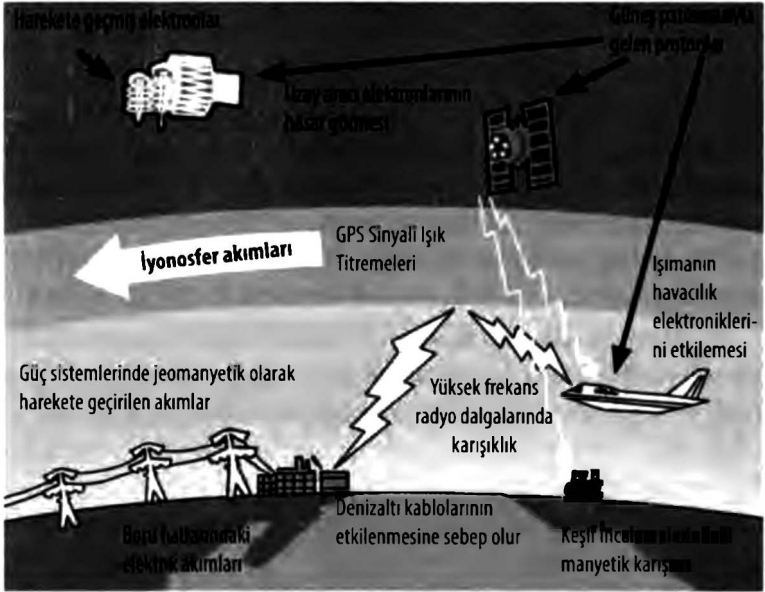
kesi görünmeye başlar ve yaklaşık beş yıl içinde de gittikçe artarak güneş maksimumu adı verilen noktaya ulaşır. İşte Güneş'in en çok lekeye sahip olduğu ve yüklü parçacıkların sebep olduğu patlamaların sıklıkla baş gösterdiği dönem budur.

Güneş'te, koronal kütle atımı denen, yüklü parçacıkların sebep olduğu çok büyük patlamalar ya da muazzam büyüklükte X-sınıfı parlamalar (en büyük ve en yoğun patlama türü) meydana geldiğinde, uzay boşluğuna saçılan materyaller büyük hızlarla hareket eder. Biz, patlamanın ışığını olay gerçekleştikten 8,3 dakika sonra görürüz. Yüklü parçacık kütleleri 1 ile 3 gün arasında ulaşır ve Dünya'nın manyetik alanına çarparak iyonosferde bir aktivite başlatır.

Püskürtü ve kütle atımlarının ne kadar güçlü olduğuna bağlı olarak, harika kutup ışığı gösterilerinden çok daha ağır ve daha ciddi sonuçlarla karşılaşabiliriz. Çok büyük bir güneş patlaması, *jeomanyetik fırtına* denen iyonosfer hareketlenmelerine sebep olur. Bu durum, haberleşmeyi ve küresel konumlandırma uydularını etkiler, hatta kapanmalarına sebep olur, uzaydaki Dünya'ya yakın astronotları tehlikeye sokar ve bazı ciddi durumlarda da gezegenimizdeki enerji şebekelerini kapatır. Peki, bu nasıl olabilir? Kuvvetli bir güneş patlamasındaki materyallerin çarpışmasının sebep olduğu tipik, güçlü bir iyonosfer fırtınası Dünya'ya yakın çevrede ciddi değişikliklere sebep olur. Yüklü parçacıklar doğrudan atmosferimizin üst kısmına dalar. Bu durum, atmosferimizin üst kısmında güçlü elektrik akımları yaratır; dolayısıyla bu da elektrik şebekelerini etkiler.

İnsanların bağlı olduğu radyo sinyallerinin ve diğer sinyallerin yayılımını keserek haberleşmemizi sekteye uğratabilir. Dünya'ya yakın uzayda bulunan uydular kadar Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki sistemler ve insanlar da bir uzay iklimi saldırısından yayılan ışınımına karşı özellikle korunmasız bir durumdadır. Güçlü patlamaların oluşturduğu tehdit, bizi bunları tahmin etmek ve teknolojimize verebilecekleri hasarı önlemek için araştırmalar

yapmaya sevk etmektedir. Halihazırdaki ilk savunma hattımız, Güneş'i araştırmak üzere tasarlanmış ve onun yörüngesinde bulunan çok çeşitli uydulardan gelen uyarılardır.



Uzay iklimi Dünya'yı ve teknolojemizi çok farklı şekillerde etkileyebilir. Uzay aracı elektroniklerine zarar verebilir, elektrik kesintilerine sebep olabilir ve haberleşmeyi sektete uğratabilir.

Uzay İklimini Tahmin Etmek

Şu anda Güneş'in bize ne zaman bir parçacık kütlesi ya da ışıınım püskürteceğini kimse tahmin edemiyor. Yine de medeniyetimiz haberleşmeyi, ulaşımı, navigasyonu ve diğer modern servisleri sağlayan ağ teknolojilerine fazlasıyla bağımlı durumdadır; bütün bunlar da Güneş'teki patlamalardan büyük ölçüde etkilenmektedir. Atmosfer bilimcilerin ve güneş araştırmacılarının Güneş'in ak-

tivitelerini incelemeye böyle büyük bir ilgi duymalarının önemli sebeplerinden biri de budur. Patlamalara ilişkin devam eden gözlemler, X-sınıfı parlamalar ve koronal kütle atımları gibi durumları tetikleyen ve oluşturan süreçle ilgili değerli veriler sağlamaktadır. Bilim insanları bu bilgiler sayesinde uydu operatörleri ve enerji şebekesi sahiplerinin yanı sıra havayollarına, demiryollarına ve navigasyon için radarlara ve GPS'e tabi olan diğer araç sistemlerine vakitlice uyarıda bulunabilmektedir.

Uzay İklimi ve GPS

Küresel konumlandırmama uydusu (GPS) verileri, teknolojik toplumumuzun içinde dolaşır. Uçtuğunuzda, trene bindiğinizde, gemiyle seyahat ettiğinizde ya da GPS donanımlı bir araba ya da kamyon kullandığınızda yerdeki alıcılara kadar atmosferimiz boyunca yolculuk eden uydu zamanlama sinyallerine güveniyorsunuz demektir. Bu veriler, konumunuzu hesaplamaya yardımcı olur. GPS zamanlama sinyallerine güvenen başka sistemler de vardır: Bunlar, cep telefonlarından dünya çapında para akışı sağlayan finansal transfer ağlarına kadar çeşitlilik gösterir. Bir jeomanyetik fırtına meydana geldiğinde atmosferimizin üst kısmındaki elektron yoğunluğu (elektronların sayısını) artar. Yere ulaşmaya (hareket etmeye) çalışan sinyaller gecikir; bu da verilerde hatalara sebep olur. Bu durum, GPS'e tabi olan sistemlerin kapatılması gerektiği anlamına gelir. Uçaklardaki, trenlerdeki ya da diğer ulaşım araçlarındaki operatörler diğer navigasyon modlarını kullanmaya geçmelidir.

1989'daki Büyük Kesinti

9 Mart 1989'da bir koronal kütle atımı Güneş'ten çıkıp doğrudan Dünya'ya yöneldi. Üç gün sonra da Dünya, yakın tarihindeki en şiddetli jeomanyetik fırtınalardan birini deneyimledi. Bu olay sırasında muazzam kutup ışıkları gözlemlendi, bazı uydulardaki navigasyon kontrolleri devre dışı kaldı ve Kanada enerji nakil hatlarının bir kısmında aşırı yüklenmeden ötürü şalterlerin atması

sonucu elektrik kesintisi meydana geldi. Québec'te elektrikler dokuz saatten fazla kesildi, milyonlarca insan karanlıkta kaldı. Bunun yanı sıra o yıl daha sonra yaşanan diğer olaylar da enerji şebekesi sahiplerinin, böyle bir kesinti sürpriziyle tekrar karşılaşmamak için sistemlerini geliştirmeye yöneltti.

MERKÜR

Aşırı Uçların Gezegeni

Merkür, güneş sistemindeki en sıra dışı yerlerden biridir. Güneş'e en yakın gezegen olan Merkür aynı zamanda 2440 kilometrelik çapıyla güneş sistemindeki en küçük gezegendir. Jüpiter'in uydusu Ganymede ile Satürn'ün uydusu Titan'dan bile daha küçüktür. Devasa çekirdeğinin derinliklerinden, eriyik maddelerin hareketleriyle oluşan zayıf bir manyetik alana sahip, yoğun, kayalık bir gezegendir.

Merkür, yok denecek kadar ince bir atmosfere sahiptir ve yer şekilleri diğer karasal gezegenlerden çok daha fazla kraterli, yarık ve çatlaktır. Bu gezegenin neden bu kadar aşırı uç koşullar barındırdığını anlamak zor değildir ve onu bu kadar ilgi çekici kılan da budur.

Merkür'den Güneş'e Bakmak

Merkür'ün yüzeyinde durup bakabilseydiniz eğer güneş kocaman – Dünya'dan üç kat büyük– görünürdü. Yıldızımıza çok yakın olan bu gezegenin yüzeyi yaklaşık 610 derecelik –güneş sistemindeki en büyük– ısı değişimlerine maruz kalır. En sıcak günlerde yüzey 430°C'de pişerken, geceleri sıcaklıklar yaklaşık -183°C'ye kadar düşer.

MERKÜR HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e en yakın nokta: 46 milyon kilometre
2. Güneş'e en uzak nokta: 69,8 milyon kilometre
3. Yıl uzunluğu: 88 Dünya günü
4. Gün uzunluğu: 59 Dünya günü
5. Eksen eğikliği: 0,0 derece
6. Kütleçekimi: Dünya kütleçekiminin 0,38 katı

Merkür'ün Tarihi

Venüs, Dünya ve Mars'ın yanı sıra Merkür de yeni doğmuş Güneş'in yüksek ısılarına dayanabilecek katı maddelerden oluşmuştur. Bu gezegenlerin hepsi manto denen bir katmanla çevrili, demir bakımından zengin bir çekirdeğe sahiptir. Bu manto, magnezyum elementinden yapılmış olup demir silikat denen minerallerle birleşmiştir. Her gezegende bulunan mantonun üstünde, volkanik püskürmeler ve diğer jeolojik süreçlerle oluşmuş kayalık bir dış kabuk bulunmaktadır. Venüs, Dünya ve Mars'ın üçünün de yüzeylerinin üstünde atmosferleri vardır fakat Merkür oluşumunun başlangıcında Güneş rüzgârlarının sebep olduğu sürekli sert esintilerden dolayı orijinal gaz örtüsünün neredeyse tamamını kaybetmiştir.

İç güneş sistemindeki diğer gezegenler gibi Merkür de, yaklaşık 3,8 milyar yıl önce son bulmuş "Geç Ağır Bombardıman" dönemi sırasında oluşan güneş sistemi enkazının çarpmalarına maruz kalmıştır. Venüs ve Dünya'da etkilenen bölgelerin çoğu atmosferik hareketler, volkanizma ve (Dünya'da) akan sularla aşınıya uğramıştır. Öte yandan Merkür, tarihinin o döneminden kalma kraterlerin çoğunu korumuştur. Mars, ilk bombardımanın bazı izlerini hâlâ taşıdığından, bu bize onun sonraki geçmişine dair birtakım bilgiler vermektedir. Genellikle yüzeyde ne kadar çok krater varsa, bir gezegen ya da uydu o kadar yaşlıdır; bu sebeple de Merkür'ün yüzeyi oldukça yaşlıdır. Aslında bazı alanlarda gördüğümüz üst üste binmiş çarpma izleri bu bölgelerin çok eski zamanlardan kalma olduğunu göstermektedir. Merkür'deki, 1550 kilometre genişliğindeki Caloris Havzası, püskürmelerden kaynaklanan lavlarla doludur. Caloris'i meydana getiren şey, muhtemelen yüzeye 4 milyar yıl önce çarpmış, 100 kilometre genişliğinde bir asteroittir.

Merkür Keşifleri

Merkür, karasal gezegenlerin en yoğunudur. Yüzde altmış demir –Dünya'nın neredeyse iki katı kadar– ve yüzde kırk diğer mineralerden oluşmuştur. Neden bu kadar çok demir içerdiği gezegen bilimcilerin çözmeye uğraştığı gizemlerden biridir.

Merkür'ü ve onu şekillendiren süreçleri daha iyi anlamak için gezegen bilimciler, *Merkür Yüzeyi, Uzay Ortamı, Jeokimyası ve Mesafesi (MESSENGER)* adlı uzay aracını uzun yıllar sürececek bir keşif görevine göndermişlerdir. Gezegenin yörüngesine 2011 yılında ulaşan uzay aracının gönderdiği veriler oldukça dikkate değerdir:

- Kutuplarda su olduğuna dair güçlü kanıtlar mevcuttur.
- Merkür'ün çekirdeği tahmin edildiğinden de büyüktür: Gezegenin yüzde seksen beşini kaplar, muhtemelen katı haldedir ve eriyik demirden oluşan sıvı bir katmanla kaplıdır; bunun üzerinde demir sülfür katmanı ve yerkabuğunu oluşturan silikat kayalıklar vardır.
- Sondanın çiftli görüntüleme sisteminden gelen görüntüler ve lazer altimetre cihazından (yüzey özelliklerini ölçmek için lazer ışınları kullanmaktadır) gelen veriler Merkür'ün oluşumunun başlangıcında son derece patlayıcı volkanlara sahip olduğunu göstermektedir. Muazzam lav akıntıları volkan ağızlarından püskürmüş ve yüzey boyunca uzun, kıvrımlı kanallar yaratmıştır.

Merkür'ün yüzeyini etkileyen tek süreç volkanizma değildir. Genç Merkür soğudukça küçülmüştür. Kayalık yerkabuğu katmanları oldukça kolay kırılabilir ve bunların altındaki katmanlar büzüştüğünde yüzey kayaları çatlayıp kırılır. Merkür manzaralarında, yüzey kırıldığında oluşan büyük uçurumlar göze çarpmaktadır.

MESSENGER'ın keşfettiği şey sadece Merkür'ün jeolojik geçmişi değildir. Uzay aracının atmosferik spektrometresi gezegenin etrafında ara sıra meydana gelen, oldukça seyrek bir gaz kılıfı bulmuştur. Bu oldukça ince atmosfer; çok az miktarlarda hidrojen, helyum, oksijen, sodyum, kalsiyum, potasyum ve –şaşırtıcı biçimde– su buharı içerir. Atmosferin çoğunun kaynağı Merkür'ün kendisinden gelmektedir çünkü çok eski zamanlardan kalma volkanlar hâlâ gazını boşaltmaktadır. Mikro-meteoritler sürekli olarak Merkür'ün kayalık yüzeyine çarpıp toz kaldırır. Buna ek olarak

MESSENGER Merkür'ün atmosferinde Güneş rüzgârı parçacıkları da ölçmüştür.

Peki ya su buharı nasıl oluyor? Bu, kutuptaki buz yataklarından geliyor. Bilim insanları uzunca bir süre, güneş ışığının ulaşamadığı yerlerde buz olabileceğini düşündüler ve bu sebeple **MESSENGER**'i kanıt araması için programladılar. 2012 yılında uzay aracındaki cihazlar kutuplarda su buzunun ve diğer uçucu maddelerin (düşük kaynama noktaları olan kimyasallar) var olduğunu gösteren hidrojen gazı ve diğer bazı gazlar buldular. Ayrıca organik bileşik (karbon temelli maddeler) olması mümkün koyu renk maddelere ait izler buldular. Bu organik maddelerin ve buz yataklarının Merkür'ün yüzeyine çarpmış kuyruklu yıldızlarca taşınmış olması mümkündür.

Merkür Görevleri

Uzay çağının doğuşundan bu yana sadece iki tane Merkür görevi gerçekleştirilmiştir. 1973 yılında Merkür'ü ziyaret edip gezegenin etrafını üç kere dolaşan *Mariner 10* ilk görev aracıdır. Görevin özel cihazları, gezegeni ölçmüş ve yüzeyin ilk yakın çekim görüntülerini göndermiştir. 2011 yılında **MESSENGER** uzay aracı, çok yıllık bir görev için gezegenin yörüngesine yerleşmiştir. Merkür'e daha çok görev planlansa da en erken 2015 yılına kadar gezegene herhangi bir araç gönderilmeyecektir.

VENÜS

Dünya'nın Kötücül İkizi

Venüs gezegeni göğümüzü öyle parlak bir şekilde süsler ki ne zaman görüldüğüne bağlı olarak sabah ya da akşam yıldızı adıyla anılır. Bu parlaklığın bir sebebi Venüs'ün "kapı komşumuz" olmasıyken, bir diğer sebebi de güneş ışığını yansıtan bulutlarla kaplı olmasıdır. Gezegenin atmosferi çoğunlukla, Güneş'ten gelen ısıyı hapseden tesirli bir sera gazı olan karbondioksitten oluşmaktadır. Venüs'ün bulutları altındaysa engebeli bir çöl gizlenmektedir.

462°C yüzey sıcaklığıyla, inanılmaz yükseklikteki atmosferik basıncın –Dünya'nın yaklaşık doksan iki katı kadar– ve volkanik patlama geçmişinin bir araya gelmesiyle Venüs herhangi bir yaşamın mümkün olmadığı cehennemvari bir uzay ortamına dönuşmüştür. Gezegenimizin boyutu ve yoğunluğuna çok yakın olduğundan insanlar Venüs'ten genellikle Dünya'nın kötücül ikizi olarak bahsederler. Bu benzerliğe rağmen, oradaki kötü çevre koşulları Venüs'ü gerçekten de Dünya'nın nahoş ikizi kılar.

VENÜS HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e en yakın nokta: 107,4 milyon kilometre
2. Güneş'e en uzak nokta: 108,9 milyon kilometre
3. Yıl uzunluğu: 224,7 Dünya günü
4. Gün uzunluğu: 117 Dünya günü
5. Eksen eğikliği: 177,3 derece
6. Kütleçekimi: Dünya kütleçekiminin 0,9 katı

Venüs'ün Tarihi

Venüs, Güneş'e en yakın ikinci gezegendir ve "karasal" gezegen olarak sınıflandırılır. Bu onun, Merkür, Dünya ve Mars gibi temel olarak silikat kayalar ve metalik elementlerden oluştuğu anlamına gelir. Hâlâ meydana gelme ihtimali olan volkanik aktiviteler, tektonizma (depremler), erozyon ve aşınmayla şekillenmiş katı, kayalık bir yü-

zeyi vardır. Bu süreçler aynı zamanda diğer gezegenlerin ve güneş sistemindeki bazı uyduların da yüzeyini değiştirmek için çalışırlar.

Başlangıçta Venüs yüzeyinde belki su vardı fakat bazı sebeplerden ötürü gezegen bu suyu büyük bir hızla kaybedip bugün gördüğümüz kalın karbondioksit atmosferi oluşturmuştur. Volkanizma, (yaklaşık 3,8 milyar yıl önce son bulan) "Geç Ağır Bombardıman" denen dönem sırasındaki çarpımalardan dolayı oluşan kraterlerin üstüne yağarak başlangıçtaki Venüs'ü yeniden şekillendirmeye devam etmiştir. Bu, iç güneş sistemindeki gezegenlerin güneş sisteminin oluşumundan kalan enkazın hedefinde olduğu bir dönemdir.

Venüs'te levha tektoniğinin –gezegenin dış kabuğundaki büyük ölçekli hareketlerin– başlamasına da bir şeyler engel olmuştur ve gezegen bilimciler Venüs'ün evrimsel tarihine ilişkin daha çok bilgi edinmek için hâlâ uğraşmaktadır. Venüs'ün iç kısımlarına dair çok fazla şey bilinmemekle beraber en iyi modeller, gezegenin muhtemelen eriyik halde bir çekirdeğe sahip olduğunu, bir manto katmanı ve yerkabuğuyla çevrelendiğini göstermektedir. Manto, çekirdekten gelen ısıyı emer ve bu orta katman çok ısınarak zayıflar. Bu durum da üst katmanın –yerkabuğu– kendi içine doğru erimesine, yüzeyi tekrar tekrar biçimlendiren volkanik olayların tetiklenmesine sebep olur.

Gezegenin kendiliğinden oluşmuş bir manyetik alanı yoktur. Yine de Güneş rüzgârları Venüs'ün iyonosferinin üst katmanı ile etkileşime geçtiğinde oluştuğu anlaşılan zayıf bir alan mevcuttur. Avrupa Uzay Ajansı'nın *Venus Express* görevi kutupların üzerinde, atmosferin yukarısında ilginç akış eğrileri gözlemledi. Daha güçlü manyetik alanları olan gezegenlerde bu manyetik eğriler mevcuttur fakat Venüs için bu nadir rastlanan bir durumdur. Manyetik akış eğrileri, yüksek hızlı Güneş rüzgârı esintisi bir gezegeni yalayarak geçtiğinde, manyetik alanda doğan manyetik yapılardır.

Venüs'teki Kraterler

Zaman içinde bunları yok etmek için çalışan volkanik aktivitelere rağmen Venüs'te şaşırtıcı sayıda krater mevcuttur. Boyutu 4 ile 280

kilometre arasında değişen yaklaşık bin tane krater bulunmaktadır. Kraterlerin boyutu, sadece 50 metreden daha büyük olan nesnelerin atmosferden geçip yüzeye çarpabildiğini göstermektedir. Daha küçük bir gökcismi yoğun atmosferde buhar olup gitmektedir.

Sera Gazı Sızıntısı

Bazı bilim insanlarının var olduğuna inandığı nemli ve ılıman iklimli Venüs, tarihinin başlangıcında değişmeye başladı. Bunun en makul açıklaması, oluşumunu yeni tamamlayan Güneş'in parlayarak Venüs'ün ilk baştaki atmosferini ısıtmış olmasıdır. Bu da su buharı ortaya çıkarmıştır. Zamanla okyanuslar da kaynayarak buharlaşmış ve gezegendeki bütün su buharı uzaya doğru sızmıştır. Karbondioksit atmosferin yanı sıra gezegenin yüzeyini görmemizi engelleyen sülfürik asit bulutları da var olmaya devam etmiştir.

Dünya'dan yapılan radar çalışmaları ve Venüs'e gönderilen birden çok uzay aracı sayesinde bugün, gezegenin atmosferinin üst katmanının gezegenin etrafında sadece dört Dünya günü içinde döndüğünü biliyoruz; buna karşılık Venüs, çok daha yavaş dönmektedir. Ayrıca kutup girdapları denen, oldukça ilgi çekici, çift-merkezli, kasırgaya benzer fırtınalar da mevcuttur; bunlar, altlarındaki gezegenden altmış kat daha hızlı dönmektedir.

Venüs'ten zaman zaman, Dünya'mızın atmosferik karbondioksiti artmaya devam etse gezegenimize ne olabileceğinin aşırı uçlardaki bir örneği olarak bahsedilir. Sera gazlarının artışı sıkıntı verici olsa da Dünya'ya böyle şiddetli bir etkisi olmayacaktır. Venüs'ün sera gazını anlamak, iklimbilimcilerin çoğunlukla karbondioksitten oluşmuş ve ağır bulutlarla boğulmuş bir atmosfere neler olabileceğini görmelerine yardımcı olmaktadır.

Venüs'ü Keşfetmek

İnsanoğlu, Venüs'ü yüzyıllardır gözlemlemektedir. Bu bulutlu gezegeni keşfetmek için ilk olarak teleskoplar kullandık. Ardından uzay çağı bize Venüs'e gidip onu yakından inceleme imkânı sundu. Venüs'ü araştırmak üzere Amerika Birleşik Devletleri, eski Sov-

yetler Birliği ve Rusya, Avrupa Uzay Ajansı ve Japonya tarafından otuz sekiz adet uzay aracı göreve gönderildi. Hepsi başarılı olamadı; bazılarının cihazları bozuldu, bazıları da kayboldu.

Yine de bir dizi görev Venüs keşiflerinde başarılı olmuştur:

- *Venera 4* ve *5*, atmosfere girip bilgi göndermiştir.
- *Venera 9*, Venüs'ten ilk görüntüleri göndermiştir.
- *Macellan Görevi*, on üç yıllık Venüs radar haritalama projesidir.
- *Pioneer* Venüs'ün uydularını keşfetmeye dönük bir görevdir.
- *Venus Express* görevi halen sürmektedir.

Bütün bu görevler, atmosferin uzun vadeli olarak gözlemlenmesine imkân sağlamıştır.

Venüs'ü Gözlemlmek

Venüs, gökyüzünde en çok gözlemlenen gezegenlerden biridir. Her ay pek çok kişi onu görür ve onun parlak bir yıldız ya da bir UFO olduğunu sanır. Gökyüzünde ya sabahleyin güneş doğmadan önce ya da akşamları tam güneş battıktan sonra görülür. Venüs'ü zaman zaman gün içinde de görebilirsiniz.

Teleskobunuz varsa Venüs'ü Güneş'in etrafında gezindiği haftalar boyunca izleyin. Görünen şekli, tıpkı Ay gibi evrelerden geçer. Yörüngesinde Güneş'ten en uzakta olduğunda hilal, yarım daire, tam daire gibi çeşitli biçimlerde gözlemlenir.

DÜNYA

Uzaydaki Evimiz

1960'ların sonlarında Ay'a gönderilen Apollo uzay araçları Dünya'mıza bir gezegen olarak uzayın derinliklerinden bakmak için ilk imkânı sundu. 1990 yılında *Voyager 1* uzay aracı, yaklaşık 6 milyar kilometre kadar uzaktaki bir noktadan bütün güneş sisteminin bir "aile fotoğrafı"nı çekmiştir. Dünya bu fotoğrafta, sadece birkaç piksellik minik, soluk mavi bir nokta olarak görülmektedir. Astronom Carl Sagan bu görüntüyü almış ve *Pale Blue Dot* adlı kitabında bu hepimizin bildiği minik noktayı anlatmıştır. "Sevdiğiniz ve tanıdığınız, adını duyduğunuz, yaşayan ve ölmüş olan herkes onun üzerinde bulunuyor," diye yazmıştır.

Dünya aynı zamanda, üzerinde yaşam olduğunu bildiğimiz şimdilik tek gezegendir. Güneş'ten güvenli bir uzaklıkta, sıcak bir yerdir ve günümüz itibarıyla 9 milyon bilinen yaşam türüne (ve daha pek çokları keşfedilecektir) ev sahipliği yapmaktadır. Geçmişte de bu sayının daha fazlasını içinde barındırmıştır.

DÜNYA HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e en yakın nokta: 147,0 milyon kilometre
2. Güneş'e en uzak nokta: 152,0 milyon kilometre
3. Yıl uzunluğu: 365,25 gün
4. Gün uzunluğu: 23 saat, 56 dakika
5. Eksen eğikliği: 23,5 derece

Dünya, evrimsel geçmişini öğrenmeye devam ettiğimiz eşsiz, sulak bir gezegendir. Güneş etrafındaki yörüngesiyle eşleşen eğikliği, bize yıl boyunca farklı mevsimler sunar. Bilim insanları hava durumunu, iklimi, yüzey özelliklerini, gezegenimizin oluşumunu ve güneş sistemindeki yerimizi açıklamaya yardımcı olan diğer pek çok unsuru araştırmaktadır. Gezegenimiz hakkında öğrendik-

lerimiz bize jeolojiyi, deniz biyolojisini, okyanus bilimini, atmosferik bilimleri, paleontolojiyi ve ana gezegenimizi tanımlayan ve diğer gezegenler hakkında daha fazla bilgi edinmemize yardımcı olan pek çok “bilim dalını” öğretir.

Dünya’nın Tarihi

Gezegenimiz yaşamına, 4,5 milyar yıl önce *protosolar nebula*nın (güneş sisteminin doğuşuna sebep olan bulut, bulutsu) merkezinde küçük, katı bir cisim olarak başladı. Diğer iç güneş sistemi gezegenleri gibi o da daha küçük katı cisimlerle kaynaşarak (toplanma denen bir süreç) yaklaşık olarak bugünkü boyutuna ulaştı. Yavru Dünya, yeni oluşmuş Güneş’i çevreleyen gaz ve toz bulutundaki maddelerden oluşan bir yağmura maruz kalan eriyik halde bir gezegendi. Soğudukça, devamlı olarak patlamalar yaşadı ve volkanlardan boşalan tehlikeli gazlardan oluşan bir atmosferi vardı. Doğal bir uydusu yoktu ancak güneş sistemi oluşmaya başladıktan sonra 30 ila 50 milyon yıllık bir dönemde Dünya, yaklaşık Mars büyüklüğünde bir cisimle çarpıştı ve bu olayın enkazı kaynaşarak bugün tanıdığımız Ay’ı meydana getirdi.

Genç Dünya soğuyunca, kıtasal levhalar halini alan katı bir yer kabuğu oluştu. Bu levhalar, manto katmanının tam üstünde gezinir. Mantonun altında iki kısma ayrılan çekirdek vardır: iç ve dış çekirdek. Katmanların bu oluşumuna *ayrışma* denir ve bu sadece Dünya’da meydana gelmemiştir. Diğer gezegenlerin yanı sıra cüce gezegenlerin, Ay’ın ve bazı asteroitlerin de ayrılmış katmanları vardır.

3,8 milyar yıl önce bombardıman periyodu ve sık sık gerçekleşen çarpışmalar son bulduktan ve Dünya’nın yer kabuğu soğumaya başladıktan sonra okyanuslar oluşmaya başladı, oldukça kısa bir süre içinde de ilk yaşam formları belirdi. Bunlar atmosferi oksijenle doldurdu ve zaman içinde gaz örtümüz, biz de dahil olmak üzere daha çeşitli yaşam formlarını desteklemeye elverişli hale geldi.

Dünya, diğer iç güneş sistemi gezegenleriyle birlikte 5 milyar yıl daha var olacak. İşte o zaman Güneş, şişerek kırmızı bir deve dönüşecek ve bütün güneş sistemini daha da ısıtacak. O noktada Dünya'daki okyanuslar kaynarak buharlaşacak ve gezegen, içinde yaşam bulunmayan bir kora dönüşecek.

Dünya'nın Atmosferi ve Okyanusları

Atmosferi olan diğer gezegenler gibi Dünya'nınki de değişik gazlardan oluşmaktadır.

Dünya Atmosferinin Yapısı

Nitrojen	%78,084
Oksijen	%20,9
Argon	%0,9340
Karbondioksit	%0,0394
Neon	%0,0018
Helyum	%0,0005
Metan	%0,00018
Kripton	%0,00011
Hidrojen	%0,00005
Azot oksit	%0,000032
Diğer elementler: %0,079 artı su buharı.	

Atmosfer, Güneş'in yoğun morötesi ışınlarını emen koruyucu bir örtüdür. Ayrıca, sera etkisi denen bir süreç aracılığıyla sıcaklıkların normal kalmasını sağlar. Güneş'ten gelen ısı, karbondioksit gibi gazlar tarafından emilir; bu gazlar daha sonra bu ısıyı Dünya yüzeyine yayar. Sera gazları, gezegenimizi yaşanır kılan şeydir. Fakat artık büyük miktarlarda sera gazları salarak atmosferimizi etkilemekteyiz. Bu da küresel sıcaklıkları etkileyerek, Kuzey Kutbu'ndaki buz dağlarının erimesini ve okyanusların ısınmasını hızlandırmaktadır.

Gezegенimizin neredeyse dörtte üçü okyanuslar, denizler, göller ve nehirler formundaki sularla kaplıdır. Buna *hidrosfer* denir. Okyanuslar uzun dönemli iklim düzenlerini ve kısa dönemli hava durumu değişimlerini etkiler; bunlar karbon döngüsünün –gezegенimizin, karbonu, atmosfer, okyanuslar ve kara arasında dolaştırmak için kullandığı yöntem– başlıca unsurudur.

Okyanuslar keşfedilmeyi beklemektedir ve denizbilimciler okyanusların sadece yüzde beşinin keşfedildiğini hesap etmektedir. Denizaltındaki volkanlar, sıradağlar ve havzalar gözümüzün önünde olmasalar da Dünya jeolojisinin önemli bir kısmını oluştururlar.

Okyanuslar Nereden Geldi?

Dünya oluştuğunda denizler yoktu. Peki o zaman bunlar nereden geldiler? Bir teoriye göre, kuyruklu yıldız çekirdeği denen sayısız buzdan cismin dünyaya çarpması sonucu ortaya çıktılar. Bunlar, özellikle iç güneş sisteminin oluşumu sırasında çokça mevcut olduklarından rahatlıkla yeni doğmuş Dünya'yla çarpışmış olabilirler. Yine de bazı bilim insanları burada kendiliğinden bir su kaynağının var olması gerektiğini öne sürmektedir. Birbirlerine kaynayıp Dünya'yı oluşturan aynı gezegen-öncesi enkazda su ve buz da mevcuttu. Yani okyanusların, Dünya'yı oluşturan katı bileşenlerin içinde bulunan sulardan gelmiş olması da mümkündür.

Dünya'daki Yaşamın Kaynağı

Peki, burada yaşam nasıl başladı? Nerede başladı? Bu sorulara kesin olarak yanıt vermek zor olsa da ilk canlı varlıkların kimyasal kaynaklardan doğduğu açıktır. Bazıları, bunun sığ gölcüklerdeki organik molekül öbekleri olarak başladığını tahmin etmektedir. Bazıları da hayatta kalabilmek için su, sıcaklık ve organik (karbon içerikli) maddelere ihtiyaç duyan yaşamın okyanus tabanlarındaki volkan ağızlarında başladığını ileri sürer. Yine başka bir kısım da atmosferimizdeki karmaşık organik moleküllerin yıldırımlarla

harekete geçtiğini ve bunun da yaşamın oluşmasına yol açtığını düşünmektedir. Bilim insanları burada yaşamın nasıl oluştuğuna dair soruya yanıt bulmaya çalışırken araştırma örnekleri, belirli biçimlerde bir araya gelen kimyasal elementlerden doğduğu konusunda hemfikirdir. Sadece güzel bir mekân, biraz enerji ve biraz zaman yeterliydi.

AY

Dünya'nın Doğal Uydusu

Zamanın başlangıcından beri Ay insanoğlunu büyülemiştir. O bizim uydumuzdur ve insanoğlunun Dünya haricinde ayak bastığı tek gökismi olma özelliğine sahiptir. 1969 yılında başlayan *Apollo 11-17* görevleri Ay'a astronotlar götürmüştür. Bu astronotlar, Ay'ın yüzeyinde bilimsel araştırmalar yapmış, araştırmacıların doğal uydumuzun kaynağını ve evrimini anlamalarına yardımcı olacak pek çok taş ve tozla dönmüşlerdir.

- Geçmişteki ay görevlerinin sayısı: 10
- Ay'a uçan astronotların sayısı: 24
- Ay'da yürüyen astronotların sayısı: 12

Ay'ın Değişen Yüzü

Ay'ın gökyüzündeki görünümü zaman içinde değişir. Bu değişiklikler ayın evrelerini meydana getirir. Yirmi dokuz buçuk günlük periyotlardan oluşan bu evreler, yeniay, ilkdördün, dolunay ve sondördün adlarını taşır. Ay, Dünya'nın yörüngesindeki dönüşünü yirmi yedi günde tamamlar ve bize her zaman aynı yüzünü gösterir. Bunun sebebi, kendi eksenini etrafındaki dönüşünü, dünyanın çevresindeki dönüşü ile aynı sürede tamamlamasıdır.



Ay'ın, Güneş'in ve Dünya'nın birbirlerine oranla nerede konumlandıklarına bağlı olarak Ay'ın farklı evrelerini görürüz.

Ay'ın Yüzeyi

Ay'a baktığınızda karanlık ve aydınlık alanlar görürsünüz. Bu karanlık alanlardan sıklıkla Ay denizleri olarak bahsedilir. Ay'ı ilk izleyenler bu bölgelerin su dolu okyanuslar olduklarını düşündü fakat teleskopla ya da bir dürbünle yakından bakınca yüzeyde hiç su olmadığı, sadece kayalık ovalar bulunduğu görüldü. Düşük rakımlı denizler *ay kubbeleri* denen volkan ağızları biçimini aldılar ve bu volkanlardan püsküren lavlar (erimiş bazalt) yüzeyi kapladı. Ayın yüzeyindeki aydınlık alanlara *Ay dağları* denir ve denizlerden daha yüksek rakımlarda bulunan en engebeli alanlardır. Güneş sistemi enkazının Ay'a çarpması sonucu oluşan kraterler tüm yüzeye serpiştirilmiş durumdadır.

Ay'da Su

Ay'da her ne kadar su dolu okyanuslar bulunmasa da su vardır. Birkaç görevde, suyun kimyasal parmak izleri bulundu; bu da suyun ya kayalarda (kimyasal olarak minerallere bağlı halde) mevcut olduğu ya da kutup bölgeleri yakınında buz yatakları olabileceği anlamına gelmektedir. Buz yatakları kuyruklu yıldızların, su taşıyan asteroitler ve göktaşlarının çarpması sırasında gelmiş olabilirler. Ay'da suyun keşfedilmesi şunun için önemlidir: Suyun yeterli miktarda bulunması buraya uzun süreli koloniler ve araştırma üsleri kurmayı planlayan insanlar için faydalı olacaktır.

Ay'a Gidebilseydiniz...

Ay'ın oldukça zayıf bir kütleçekim alanı vardır; Dünya'nınkinin sadece altıda biri kadar kuvvetlidir. Yani Ay'ı keşfe çıkmış 90 kilo ağırlığında biriyseniz orada sadece 15 kilo gelirsiniz. Ay'da ne atmosfer, ne de yüzeyinde su bulunmadığından *Apollo* görevindeki astronotların yaptığı gibi size su ve oksijen sağlayacak bir uzay kıyafeti giymeniz gerekecektir. Kıyafetiniz aynı zamanda sizi Güneş'ten ve radyasyon tehlikesinden korumalıdır. Ay'a insanlar yerleşecek olsa muhtemelen sert yüzey şartlarından korundukları yer altı şehirlerinde, yani Ay'ın içinde yaşarlardı.

Ay'ın İçi

Ay'ın içi birkaç katmandan oluşur. Burası ayrımlaşmış bir gezegendir çünkü her biri az da olsa birbirinden farklı mineral özyapılara sahip katmanlar içerir. Yüzey, *regolit* denen tozlu bir maddeden kalın bir katmanla kaplıdır. Bunun altında çoğu, Dünya'da da bulunan *plajiyoklaz* adında bir mineralden oluşmuş yerkabuğu vardır. Yerkabuğunun kalınlığı 60-150 kilometre arasındadır. Bunun altındaki manto katmanı, yine Dünya'da çokça bulunan olivin gibi demir zengini minerallerden oluşmaktadır. Ay'ın merkezi –çekirdeği– kısmen eriyik halde olabilir ve büyük olasılıkla demir zengini maddelerden oluşmuştur. Çekirdeğin merkezi neredeyse tamamen saf demirdendir. Ay'da sık sık “deprem” olur. Buna Dünya'yla olan kütleçekimsel etkileşimlerin, çarpmaların ya da yüzeyin donup tekrar çözülmesinin sebep olduğu düşünülmektedir.

Ay Hakkında İlginç Gerçekler

Ay'ın yüzeyi ya da yapısıyla veya Ay'a gönderilen uzay araçlarıyla ilgili olarak İngilizce *lunar* (ay ile ilgili) kelimesinin kullanıldığını duyabilirsiniz. Bu terim, Romalı Ay tanrıcısının adından, yani Latince'deki *Luna* kelimesinden gelmektedir.

AY NASIL ŞEKİLLENDİ?

Ay, büyük olasılıkla 4,5 milyar yıl önce, yeni doğmuş Dünya ile Theia olarak anılan Mars boyutunda bir cismin muazzam çarpışması sonucu biçim almıştır. Bu çarpışma sebebiyle uzaya büyük miktarlarda madde saçılmış ve sonuç olarak bunların çoğu kütleçekimi ve çarpışmalar sonucunda bir araya çekilerek Ay'ı oluşturmuştur. Çarpışmanın ve sonrasında meydana gelen toplanmanın ısısı yüzey kayalarını eriterek yeni doğmuş Ay'da bir magma okyanusu yarattı. *Apollo* astronotlarının getirdiği kayaların kimyasal analizine bağlı olarak ilginç bir biçimde Ay'daki kayaların Dünya kayalarıyla aynı karakteristiklere sahip olduğu görüldü. Bu, Ay'ı oluşturan materyallerin (hepsinin değilse de) çoğunun Dünya'dan koptuğunu gösterir.

Mevcut ve Yakın Gelecekteki Ay Görevleri

İSİM	GÖREVİN HEDEFLERİ	ÜLKE	DURUM
Ay Yörünge Kâşifi	Yüzey haritası çıkarma	ABD	Devam ediyor
Chang'e 2	Ay incelemeleri; şu anda asteroid Toutatis inceleniyor	Çin	Devam ediyor
LADEE	Ay atmosferi ve yüzeyinin incelenmesi	ABD	2013'te gönderilecek
Chang'e 3	Yumuşak inişli uzay aracı; morötesi astronomi çalışması gerçekleştirecek	Çin	2013'te gönderilecek
GLXP	Ay Ekspres uzay aracı, gezgin	Özel yarışma	2013 civarında gönderilecek
Luna-Glob	Robotik ay üssü/ yörünge kâşifi birleşimi	Rusya	2014 civarında gönderilecek
Chandrayaan-2	Robotik gezgin, yörünge kâşifi birleşimi	Hindistan	2016 civarında gönderilecek

Ay'da Yaşam ve Çalışma

İnsanlar birtakım sebeplerden ötürü Ay'a dönmekle ilgilenirler. Bu sebeplerin en önemlilerinden biri Ay'ın bilimsel açıdan ilgi çekici bir yer olmasıdır. Oraya tekrar gitmek, gezegenin nasıl biçimlendiğini ve Dünya'nın geçmişini daha çok anlamamıza yardımcı olabilir. Yeni üsler inşa etmek ve güneş sistemi keşif görevleri planlamak için kullanılabilecek gizli bir mineral hazinesi ve başka maddeler bulunabilir. Ay, astronomiyle uğraşmak için de mükemmel bir yer sunar. Astronomlar, on üç günlük "gece" periyodunda ışık kirliliğini dert etmeksizin, loş ve uzak cisimleri incelemek üzere teleskoplarını göğe çevirebilirler. Radyo astronomları da Dünya'dan gelen radyo parazitlerinden etkilenmeyen tesisler kurma konusunda oldukça heyecanlanırlar.

İnsanlar gelecekte, Ay'da ne iş yaparlarsa yapsınlar şu an Dünya'da yaşayıp çalıştığımız şartlardan çok daha sert ve farklı çevre şartlarıyla mücadele etmek zorunda kalacaklardır.

MARS

Kızıl Gezegenin Gizemlerini Aydınlatmak

Mars tarih boyunca insanoğlunu büyülemiştir. Dünyadan uzak dördüncü gökismi olan Kızıl Gezegen en az on kültürde savaş tanrısını temsil etmektedir. İlk bakışta Dünya'ya çok benzer. Dağlara, volkanlara, kanyonlara, geniş ovalara, kutup buzullarına ve günbatımı ve gün doğumunda pembe ya da kırmızıya, gün içinde de sarımsı kahverengiye dönen, soluk, zaman zaman da bulutlu bir gökyüzüne sahiptir. Yine de Mars'ta eksik olan bir şeyler vardır: yüzey su kaynakları, kalın bir atmosfer ve yaşam. Ayrıca çarpışmaların oluşturduğu kraterler Dünya'da birkaç taneyken Mars'ta çok daha fazladır. Büyük ölçüde, topraktaki demir oksitlerin (pas) sebep olduğu kırmızı yüzey rengi, yüzey şekilleri ne kadar tanıdık görünürse görünsün Mars'ın Dünya gibi bir yer olmadığının bir başka kanıtıdır. Burası, gezegen bilimcilerin öğrenebildikleri kadarıyla oldukça farklı bir gezegendir. İki uydusu Phobos ve Deimos da kendi çaplarında birer jeolojik gizem teşkil etmektedir. Bunların büyük olasılıkla, uzak bir geçmişte Mars'ın kütleçekimine kapılarak yörüngesine oturmuş asteroitlerdir.

MARS HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e en yakın nokta: 206,6 milyon kilometre
2. Güneş'e en uzak nokta: 248,2 milyon kilometre
3. Yıl uzunluğu: 1,88 Dünya yılı
4. Gün uzunluğu: 24 saat, 37 dakika Dünya günü
5. Eksen eğikliği: 25 derece
6. Kütleçekimi: Dünya kütleçekiminin 0,37 katı

Geçmişten Günümüze Mars

Mars da Dünya'yla yaklaşık olarak aynı zamanda, 4,5 milyar yıl önce şekillendi. Yeni doğmuş gezegen hızla soğuyarak kalın bir

yerkabuğu oluşturdu fakat herhangi bir tektonik levhaya sahip değildi. Çekirdek de soğuyunca dinamo hareketi durdu ve bu sebeple Mars gl bir manyetik alan geliştiremedi. Mars, başlan-gıcında sıcak, nemli ve kalın bir karbondioksit atmosfere sahipti fakat manyetik alan ortadan kaybolunca bu da değişti. Eski zamanlardan kalma taşkın ovaları, nehir yatakları ve kadim gllerle sığ okyanusların kıyıları artık her yerden görülebilmektedir. Bu durum, katmanlı tortul kayaların yanı sıra geçmişte sıvı suyun var olduğunu da gösterir.

Uzunca bir süre, Mars'ta su bulunmaması bir muammaydı. Hem su, hem de atmosfer nereye kaybolmuştu? Milyarlarca yıl önce Mars'ın düşük kütleçekimi ve manyetik alanının olmaması birleşince atmosfer uzaya doğru uçup gidivermişti. Böylelikle sıcaklıklar ve atmosferik basınç sıvı suyun var olabileceği seviyenin altına düştü. Mars'ın sularından geriye kalanlar, tozlu yüzeyin altındaki kutup buzulları ve buz yatakları içine hapsoldu. Dünya'da, yüzeyin altındaki buzların erimesi olağanüstü yüzey şekilleri değişimine sebep olur; bunun aynısı Mars'ta da gerçekleşir. Kuzey kutup bölgesindeki uzay aracının çektiği görüntüler, buzun donduğu, yumuşadığı ve sonra yeniden eridiği, desenli zeminler denen alanları göstermektedir. Yüzey altındaki buzların eridiği diğer yerlerde, st üste binen kaya katmanları iyice yerleşip kaotik arazileri oluşturmuştur. knt sırasında açığa çıkan sular geniş akıntı kanallarını biçimlendirmiştir.

Mars aynı zamanda muazzam büyüklükte volkanik etkinlikler de deneyimlemiştir. En büyük volkanı –Olympus Mons– Tharsis Tmseği adı verilen kalın bir yerkabuğu parçasının üzerinde yükselir. Volkan ve tümsek zaman içinde oluşurken tektonik baskı yüzeyi atlatmıştır. Meşhur Valles Marineris işte böyle bir çatlama sonucu oluşan bir kanyondur ve gezegenin üçte biri boyunca uzanır. Bu kanyon sistemleri aynı zamanda rüzgâr erozyonuyla da biçimlenmiştir ve bazı kısımlarının akan sularla aşındığına dair birtakım kanıtlar da mevcuttur.

Mars'ı Neden İnceliyoruz?

Mars'a sürekli uzay aracı göndermemizin en önemli sebebi orada yaşama dair bir kanıt bulmaktır. Mars geçmişte sıcak ve nemliydiyse o zaman bu, yaşam için gerekli öğelere sahip olduğu anlamına gelir; yani su, ısı ve organik madde. Şimdiki sorular da şunlardır: Geçmişte Mars'ta yaşam var mıydı? Vardıysa ne oldu? Şimdi de var mı? Varsa nerede? Ve bu nasıl bir yaşam formu? Mars görevleri bu önemli soruların yanıtlarını araştırmak içindir.

Mars bugün kuru ve çorak bir çöl gezegendir. İnce atmosferinde çoğunlukla karbondioksit, az miktarlarda nitrojen mevcuttur ve argon, oksijen ve su buharı izlerine rastlanmaktadır. Mars'taki oldukça düşük atmosferik basınç, Dünya'daki yüzey basıncının yüzde altısı kadardır. Gezegen, Dünya'dan çok daha küçük olduğundan kütleçekimi bizimkinden yüzde 30 kadar daha azdır.

Eksen eğikliğiyle yıl uzunluğunun (neredeyse Dünya'nın iki katı) birleşimi Mars'a mevsimsel iklim kazandırır. Her mevsim kabaca Dünya'dakilerin iki katı uzunluğundadır. Mars'ta, yaz ortasındaki ılık bir gün, NASA *Mars Opportunity* gezgininin ölçümlerine göre ekvatorda yaklaşık 35°C'ye denk düşmektedir. Mars çoğunlukla, yaklaşık 0° C civarında, oldukça soğuktur. Soğuk bir kış gecesinde sıcaklık -150°C'ye kadar düşebilir. Mars'ta soğuk aylarda çekilen fotoğraflarda donmuş araziler görülür; hava çok soğduğunda Dünya'daki görüntü de buna oldukça benzerdir. Gelecekteki Mars kâşiflerinin onları sıcak tutan, nefes alabilecek oksijen sağlayan, basınçlı uzay kıyafetlerine ihtiyaçları olacaktır.

Mars'ı Keşfetmek

Dünya ve Venüs'ten sonra Mars güneş sistemindeki en çok keşfedilen gezegenlerden biridir. Dünyadaki teleskoplar sürekli olarak gezegeni gözlemler; *Hubble Uzay Teleskobu* da yörüngesinde gözcülük eder. Amerika Birleşik Devletleri, eski Sovyetler Birliği,

Japonya'dan uzay ajansları ve Avrupa Uzay Ajansı 1960'ların başlarından bu yana Mars'a onlarca uzay aracı göndermişlerdir. Bu rakam en son yetmiş beşe ulaşmıştır; NASA ise 2020'de Mars'a gidecek yeni bir Mars gezgini projesini finanse etmektedir. Hindistan Uzay Araştırma Örgütü de *Mangalyaan* Mars görevi üzerinde çalışmaktadır.

Yakın zamanda gerçekleşen başarılı görevler şunlardır:

- *Mars Odyssey* Yörünge Kâşifi (7 Nisan 2001'de gönderildi)
- Mars Keşif Gezgini *Spirit* (4 Ocak 2004'te indi)
- Mars Keşif Gezgini *Opportunity* (25 Ocak 2004'te indi)
- Mars *Reconnaissance* Yörünge Kâşifi (12 Ağustos 2005'te indi)
- Mars Bilim Laboratuvarı Gezgini *Curiosity* (6 Ağustos 2012'de indi)

Bu gelişmiş kâşifler, baş döndürücü görüntüler gönderdiler; tozları ve kayaları inceleyerek su ve yaşam kalıntılarını araştırdılar ve atmosferik ölçümler yaptılar. Gelecekte yapılacak *Mars Atmosfer ve Değişken Oluşum* (MAVEN) görevi sayesinde bilim insanları, Mars'ın atmosferini ve yüzey suyunu ne zaman ve nasıl kaybettiğini anlayacaklar. Avrupa Uzay Ajansı ve Rus Roscosmos ajansı 2016 ve 2018'de *biyoimza* adı verilen yaşam izlerini araştırmak için *ExoMars* görev aracını gönderecekler.

Popüler Kültürde Mars

Mars, insanlık tarihinde pek çok şeyi sembolize etti. Yolculuğuna, ağırlıklı olarak kan kırmızısı renginden dolayı savaş ve katliam tanrısı olarak başladı. Bu savaşçı karakteristik modern zamanlara değin uzandı. H. G. Wells'in (1866–1946) *Dünyaların Savaşı* adlı kitabında Marslılar kana susamış istilacılar olarak resmedildiler. Bilimkurgu yazarı Edgar Rice Burroughs (1875–1950) Mars'taki uzaylıların mücadelelerinden bahseder. Fakat yazar Robert A. Heinlein (1907–1988) Marslıları barışçıl varlıklar olarak görmüştü. 1996 yapımı popüler film *Çılgın Marslılar*, istilacı Marslıları kötü adamlar olarak

gösteren Hollywood sinemasının uzaylı merakını tiye almaktadır. Bugün artık, Twitter mesajları “gönderen” Mars iniş araçlarımız, kendini Mars görevlerine adanmış ve Mars hayranlarının Kızıl Gezegen’de süregiden keşifler hakkında bilgiler alabileceği web siteleri mevcuttur.

JÜPİTER

Gezegenerin Kralı

Jüpiter, "en"lerin gezegenidir. Güneş sistemindeki en büyük gezegendir. Çapı Dünya'nın çapının on bir katı kadardır. Jüpiter'in içine 1300'den fazla Dünya rahat rahat sığabilirdi. Bu gaz devinin içi de tuhaf bir yerdir. İç kısmı, Dünya boyutunda ve kısmen de katı olan çekirdeği saran bir dizi metalik ve sıvı hidrojen katmanı barındırır. Jüpiter'in Güneş'in etrafında bir tur atması on iki yıl alır ve Güneş'e Dünya'nın olduğundan beş kat daha uzaktır.

JÜPİTER HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e en yakın nokta: 740 milyon kilometre
2. Güneş'e en uzak nokta: 816 milyon kilometre
3. Yıl uzunluğu: 11,8 Dünya yılı
4. Gün uzunluğu: 10 saat
5. Eksen eğikliği: 3,13 derece
6. Kütleçekimi: Dünya kütleçekiminin 2,64 katı

Jüpiter'in hızlı dönüşü (10 saat) ve derinlerdeki metalik sıvı hidrojenin hareketi sayesinde bu gezegen güneş sistemindeki en güçlü manyetik alana sahiptir. Kütesinden dolayı, gezegeni saran gaz katmanının üst sınırlarındaki kütleçekimsel güç Dünya'nın deniz seviyesindeki kütleçekiminin iki buçuk katıdır.

Jüpiter güneş sistemindeki en büyük gezegen atmosferine sahiptir. Hidrojen ve helyumdan oluşan atmosferin en üst kısımlarında üç bulut katmanı bulunur. Bunlardan biri çoğunlukla buz kristalleri halindeki amonyaktan oluşur; diğeri amonyak ve sülfür karışımıdır; üçüncüsünde de su buharı bulutları mevcuttur. Üst katmanlar kuşak ve bölgelere ayrılır; rüzgârlar bu alanlarda saatte 600 kilometrenin üzerinde eser. Bu hareket, güneş sistemindeki en büyük fırtına olan Büyük Kırmızı Leke de dahil olmak üzere muazzam fırtınalara ve girdaplara sebep olur.

Galilei Uyduları

Jüpiter'in yörüngesinde en az altmış üç tane bilinen uydu vardır. En büyük dört tanesi (gezegenden uzaklıkları sırasına göre) Io, Europa, Ganymede ve Callisto'dur. Bunlar 1610 yılında astronom Galileo Galilei tarafından keşfedildikleri için onun şerefine bu uydulara *Galilei Uyduları* denir.

Jüpiter'e en yakın uydu olan Io volkanik bir dünyadır; milyonlarca yıldan uzun süredir yüzeye o kadar çok lav püskürtmüştür ki, kelimenin tam anlamıyla tersyüz olduğunu söyleyebiliriz. Bu volkanlardan sülfür fışkırır ve neticede bu maddeler Jüpiter'in yörüngesine ulaşır. Io neden bu kadar aktiftir? Çünkü Jüpiter ve diğer üç Galilei uydusunun kütleçekim güçleri arasında kalmıştır. Bu çekişme Io'nun şeklini bozar, bu da içerde sürtünmeye ve dolayısıyla da ısınmaya sebep olur, volkanik aktiviteleri tetikler. Buna gelgit ısı denir ve güneş sistemindeki diğer uyduların iç kısımlarını da etkiler.

Europa buzdan ince bir yerkabuğuna ve çoğunlukla oksijen içeren seyrek bir atmosfere sahip su zengini bir dünyadır. Bu uydunun çekirdeğinde radyoaktif elementlerin çözülmesi sonucu ısınmış derin bir okyanus olması gayet muhtemeldir. Şartlar epey olumlu olduğundan bir yaşam formunu destekleyebilir. Fakat bu küçük uydu Jüpiter'e yakınlığı sebebiyle ölümcül bir radyasyona maruz kalır ve gezegenin manyetik alanı içindeki konumu burada oluşabilecek her türlü yaşamı etkiler. Yüzeyin altında ne olduğunu keşfetmek üzere Europa'ya bir görev aracı gönderildiği takdirde bilim insanları onun hakkında daha çok şey öğrenecektir.

Diğer iki Galilei uydusu da –Callisto ve Ganymede– kendi içlerinde büyüleyici özelliklere sahiptirler. Ganymede güneş sistemindeki en büyük uydudur; hatta Merkür gezegeninden bile büyüktür. Karanlık yüzeyi oluklar ve çıkıntılarla kaplıdır. Yüzeyinde yer yer beyaz lekeler görülür. Bunlar güneş sisteminin oluşum aşamasından kalan enkazın parçaları olan göktaşlarının uyduya çarpıp yerkabuğuna gömülerek açtıkları kraterlerden etrafa buz sıçratarak oluşmuştur. İlginçtir ki Ganymede'in derinlerdeki aktiviteden

kaynaklanan zayıf bir manyetik alanı; oksijen, büyük olasılıkla biraz ozon ve hidrojen de içeren ince bir atmosferi vardır.

Callisto, çok eski zamanlardan kalma çarpma kraterleriyle dolu bir yüzeye sahip karanlık görünümlü bir uydudur. Diğer Galilei uyduları gibi bir iç aktiviteye sahipmiş gibi görünmese de buzdan yerkabuğunun altında bir okyanus bulunması mümkündür.

Jüpiter'in Halka Sistemi

1978 yılında, *Voyager 1* uzay aracındaki kameralar Jüpiter'i çevreleyen ince bir dizi halka görüntüledi. Satürn'ünki gibi parlak ve buzlu değil de, oldukça belirsiz ve tozlu olduklarından, bunları daha önce kimsenin görmemiş olmasına şaşmamalı. Galileo uzay aracı oldukça detaylı bir şekilde bunların haritasını çıkardı ve *Hubble Uzay Teleskobu* onları gözlemledi. Halkalar üç kısma ayrılmaktadır: gezegene çok yakın olan hale halka, ana halka ve çoğunlukla Adrastea, Amalthea ve Thebe uydularından çıkan tozları içeren bir çift iplikli halka.

Jüpiter'i Keşfetmek

Galileo Galilei 1610 yılında teleskobuyla Jüpiter'i ilk kez gördükten sonra gezegeni keşif araştırmalarını başlatmış oldu. Günümüzdeyse, *Hubble Uzay Teleskobu*'nun yanı sıra kaliteli amatör cihazlar da dahil olmak üzere yer teleskopları gezegenin dört büyük uydusunu, bulut kuşaklarını ve bölgelerini seçebilmektedir. 1994 yılında gözlemciler, Shoemaker-Levy 9 KuyrukluYıldızı'nın 21 parçasının Jüpiter'e dalıp üst bulut katmanlarında koyu renkli izler bırakışını canlı olarak izlediler. 2009, 2010 ve 2012'de daha fazla çarpışma tespit edildi. Gezegenin kuvvetli kütleçekimi kuyrukluYıldızları ve diğer güneş sisteminin enkazını yolundan çevirip kendine doğru çektiği için astronomlar Jüpiter'e "güneş sisteminin elektrikli süpürgesi" takma adını verdi.

Gezegen bilimcilerin Jüpiter'i gerçekten tanıyabilmeleri için ona iyice yaklaşması gerekti. 1973 yılında gezegene uçan ilk

görev aracı *Pioneer 9* bulutların üst kısımlarından yüksek çözünürlüklü görüntüler çekti ve manyetik alanlarla atmosferin üst kısmı hakkında veri topladı. Gezegen o zamandan beri *Pioneer 10*, *Voyager 1* ve *2*, *Galileo*, *Ulysses*, *Cassini* ve *New Horizons* araçları tarafından ziyaret edildi. *Galileo*, Jüpiter'in yörüngesine giren ilk (ve şu ana kadarki tek) uzay aracıdır. *Galileo* oraya Aralık 1995'te vardı ve gezegen, manyetosfer ve uyduları hakkında veri toplayarak orada yedi yıldan uzun süre kaldı. *Juno* görev aracı, 2016 yılında Jüpiter'e varacak ve Jüpiter'in iç kısmından gelen termal radyasyonu (ısı) incelemek, kütleçekimini ve manyetik alanını ölçmek ve kutup ışıklarını (Dünya'daki kuzey ve güney ışıklarına benzer) araştırmak için özel cihazlar kullanarak gezegeni ve çevresini inceleyeceği beş yıllık göreve başlayacak. Jüpiter'e başka görevler de planlanmakta; bunların arasında bulunan AUA'nın *Jüpiter'in Buzla Kaplı Uydularının Keşfi (JUICE)* adlı görev aracının da 2022 yılında gönderilmesi bekleniyor. Görevi planlayanlar Jüpiter ve uydularını inceleyerek üç yıl geçirmeyi umut ediyorlar. Bu dev gezegeni keşfe devam etmek, kaynağı ve güneş sistemindeki evrimi hakkında daha çok şey açıklamaya yardımcı olacaktır.

Büyük Kırmızı Leke

Jüpiter'in üst bulut katmanlarında esen rüzgârlar, Dünya'dan siklon ve tayfun gibi görünen fırtınaları tetikler. Büyük Kırmızı Leke antisiklonu, atmosferin üst kısmında en azından 350 yıldır dönmektedir ve ilk olarak 1665 yılında astronom Giovanni Domini-co Cassini (1625–1712) tarafından gözlemlenmiştir. Bu fırtına o kadar büyüktür ki içine rahatlıkla üç adet Dünya sığabilir. Büyük Kırmızı Leke rengini kırmızı fosfor, muhtemelen biraz sülfür ve diğer organik bileşenlerin bir karışımından alıyor olabilir. Somon rengine döndüğü ve aynı zamanda kısa periyotlarla bütün rengini kaybettiği de bilinmektedir.

SATÜRN

Halkalı Gezegen

Satürn, teleskopla incelenen en popüler gezegenlerden biridir. Küçük bir cihazla bile gezegenin o güzel halka sistemi görünebilir; zaten astronom Galileo Galilei de 1610 yılında ilk olarak düşük kaliteli bir cihazla bu halkaları keşfetmiştir. Gördüğü şeyi çizmiş ama Satürn'ün sanki kulakları ya da her iki tarafında birer uydusu varmış gibi görünmesinin sebebini anlayamamıştı. Bu eklentilerin gerçek doğasının belirlenmesi yaklaşık 250 yıl sürdü. 1655 yılında Hollandalı astronom Christiaan Huygens (1629–1695) daha kuvvetli bir teleskopla bakınca Satürn'ün etrafında bazı maddelerden oluşan bir disk bulunduğuna karar verdi. 1675 yılında Giovanni Domenico Cassini (1625–1712) bu halkanın, aralarında boşluklar olan birden çok halkadan oluştuğunu belirledi. Halkaların gerçek doğasına ilişkin Satürn yörüngesindeki küçük parçacıklardan oluşan bir sistem fikri, 1859 yılında James Clerk Maxwell (1831–1879) tarafından ortaya atıldı. Sonuç olarak *Voyager 1* ve *2* ile *Cassini* uzay araçlarının bu gezegeni keşfederken çektikleri görüntüler, aralarında tozdan boşluklar bulunan sayısız halka ve halkaların içine gömülü halde, dalgalar, anaforlar ve başka geçici karmaşık örüntüler oluşturan küçük uydular bulunduğunu gözler önüne sermiştir.

Klasik halka sistemi, Satürn'den 121.000 kilometre öteye dek uzanmaktadır. Halkalarda Cassini Bölümü gibi birkaç tane dikkate değer boşluk mevcuttur. Boşluklardan ikisi uyduların yolu süpürüp temizlemesi sonucu oluşmuştur; diğerleriyse Satürn ve diğer uydular arasındaki kütleçekimsel etkileşimin bir sonucudur. Klasik halkaların ötesinde G ve E halkaları gibi daha küçük halkacıklar uzanır; bunlar, daha küçük birkaç Satürn uydusunun yörüngesine kadar uzanır.

Bu halkaların altındaki gezegen, içine 763 tane Dünya'nın sığabileceği kadar muazzam büyüklüğe ve hacme sahip bir gaz devi-

dir. Pek çok diğer gezegen gibi Satürn de katmanlı bir gezegendir. Sıvı metalik hidrojen (elektrik akımlarının aktiviteyi tetiklediği ve oldukça zayıf bir manyetik alan oluşturduğu) ve üstü sıvı helyum katmanlarıyla örtülü bir çekirdeğe sahiptir. Atmosferi, hidrojen, bir parça helyum ve çok az miktarda metan, amonyak, etan ve diğer organik maddelerden oluşmaktadır. Satürn'ün atmosferinin üst kısmı, gezegene soluk ve donuk rengini veren kristalleşmiş amonyak bulutlarıyla kaplıdır. Satürn kendi eksenini etrafında on buçuk saatte döner; bu hız sebebiyle gezegen yassılaşıyor ve en basık gezegen haline gelir.

SATÜRN HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e yakın nokta: 1,3 milyar kilometre
2. Güneş'e en uzak nokta: 1,5 milyar kilometre
3. Yıl uzunluğu: 29,4 Dünya yılı
4. Gün uzunluğu: 10 saat, 39 dakika
5. Eksen eğikliği: 26,73 derece
6. Kütleçekimi: Dünya kütleçekiminin 0,92 katı

Satürn'ün büyük kısmı ile atmosferinin üst kısmı farklı süratlerde döner; bu da rüzgârların saatte yaklaşık 1800 kilometre hızla esmelerine sebep olur. Bu rüzgârlar, bulutlarda bazı şeritler oluşturur fakat üstlerindeki puslu bulutlar sebebiyle onları görmek zordur. Ara sıra fırtınalar çıkar, bulutların arasında dönerek ilerler, ardından da yok olurlar. Satürn atmosferindeki en sıra dışı özelliklerden biri kuzey kutbundaki altıgen şeklindeki bulut modelidir. Bu modelin merkezinde, Dünya'daki bir kasırganın göz duvarına birebir benzeyen bir anafor vardır. Bu anaforun neden var olduğu hâlâ netlik kazanmamıştır ve astronomlar bunu daha iyi anlamak için *Hubble Uzay Teleskobu*'nu ve *Cassini* yörünge kâşifini kullanmaktadır.

Satürn'ün Doğuşu

Satürn, güneş sistemindeki diğer gezegenler gibi, oluşumunu yeni tamamlamış güneşin etrafını çevreleyen bir bulutun içinde,

4,5 milyar yıl önce oluştu. Bulutun Güneş'e yakın olan kısımları esas olarak –Merkür, Venüs, Dünya ve Mars gezegenlerinin parçaları olan– katı parçacıklar ve daha ağır elementler içeriyordu. Isının daha düşük olduğu dış güneş sistemi, uçucu (gazımsı) maddeler ve buzlar bakımından zengin gezegenimsi yapılara (gezegenlerin tohumları) daha ılımlı bir ortam sunuyordu. Bu küçük gezegenler, her bir gaz devini oluşturmak üzere bir araya geldiler. Bu yeni gezegenlerin kütleçekimi öyle büyüktü ki geride kalan maddelerin çoğunu süpürerek hidrojen katmanları ve gaz devlerinin atmosferleri halini aldılar. Satürn'ün biçimlendikten sonra oldukça hızla soğuması, helyum ve hidrojenden iç katmanların oluşmasına yardımcı oldu. İç bölgeler hâlâ gezegenin, bulutların üst kısmında parlayan güneş ışığından edindiği ısıdan daha fazlasını vermektedir. Bu ısı, bulut tepelerinde fırtınalar kopmasına sebep olur.

Satürn'ün Olağanüstü Uyduları

Satürn sadece muhteşem halka sistemine sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda bunlara altmış iki adet bilinen uydu da eşlik eder. Başlıca uydular şunlardır:

- Titan
- Dione
- Mimas
- Rhea
- Enceladus
- Iapetus
- Tethys

Bunlar, esas olarak yüzeylerinin altındaki buz ve kaya karışımından oluşmuştur. Satürn'ün bu uyduları ve diğerleri büyük olasılıkla, güneş sisteminin oluşumu sırasında ana gezegenin etrafındaki daha küçük bir bulutsunun parçası olarak biçimlenmişlerdir.

Gizemli Titan

Huygens iniş aracı, 2005 yılında Titan'ın yüzeyine indiğinde, atmosferin nitrojenle oluştuğunu, göğün etan ve metan bulutlarıyla ve yerin de metan buzları ve metan gölleriyle kaplı olduğunu

meydana çıkardı. Titan mevsimsel hava değişimleri yaşar; periyodik yağmurlar ve rüzgârlar; kumullar, akan nehirler, küçük göller ve denizler yaratır. Yüzeyin altında, çoğunlukla su buz ve kayadan oluşmuş bir gezegen yatar. Bu durum Dünya'ya hiç benzemeyen bir ortamı çağrıştırıyor olsa da Dünya'nın başlangıçta, Titan'ın bugünkü haline çok benzediği ortaya çıkmıştır. Titan'da herhangi bir yaşama rastlanmamıştır ancak atmosferin kimyasal analizi daha önce hiç yaşam olup olmadığını meydana çıkarabilir. Burada daha önce yaşam olduysa da bu, bizim bildiğimiz yaşam formundan kimyasal açıdan epey farklı olacaktır.

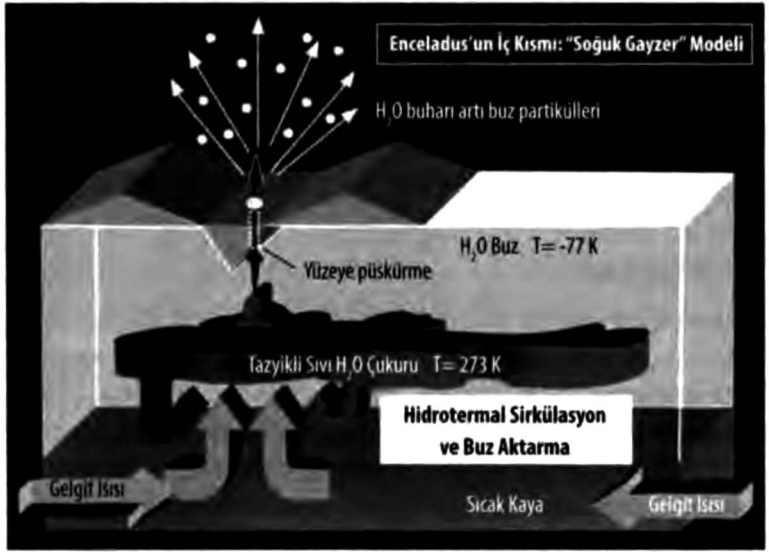
Satürn'ün Keşfi

Dünya'daki araştırma tesislerinden yürütülen keşiflerin yanı sıra, Satürn'ü dört adet de uzay aracı ziyaret etti. *Pioneer 11* ve *Voyager 1-2* sırasıyla 1979, 1980 ve 1981 yıllarında buraya uçtu. *Cassini Gündönümü Görevi* 2004 yılında Satürn sistemi yörüngesine girdi. 2005 yılında *Huygens* sondası bulutla kaplı Titan'a inerek uydunun donmuş yüzeyinden ilk görüntüleri sundu. Halihazırda Satürn'e daha fazla görev planlanmamaktadır fakat *Voyager* ve *Cassini* uzay araçlarının sağladığı veri ve görüntüler, halkalı gezegen ve uydularını daha yıllarca inceleme imkanı sağlamaktadır.

Enceladus: Gayzer Uydusu

Enceladus büyüleyici bir yerdir. Buzlu yerkabuğuyla, donmuş bir gezegendir ve derinliklerinde saklı halde sıvı su bulunmaktadır. Bu su, yüzeye doğru itilir ve Satürn'ün halkalarının bir parçası olarak yörüngeye buz parçacıkları yağdıran devasa gayzerlerden açığa çıkar. Buz kristallerinden bazıları, hafif bir kar olarak Enceladus'a geri yağar. Buzul volkanizması denen bu açığa çıkma süreci dış güneş sistemindeki birkaç farklı buzdan oluşan uyduda da gerçekleşir. *Cassini* uzay aracı Enceladus gayzerlerini ilk olarak 2005 yılında buldu; araç gaz püskürtüleri arasında ilerleyince su buharı ve az miktarlarda nitrojen, metan ve karbondioksit buldu. Yüzeyinin

altında bir su okyanusuna sahip olduğundan ve merkez çekirdeğindeki ısıdan dolayı Enceladus, yaşam kanıtları aramak için uygun bir yer olarak görülmektedir.



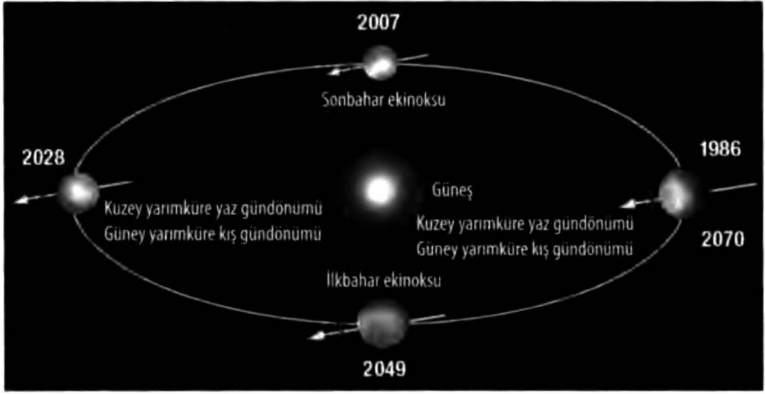
Bu kesit, Enceladus'un yüzeyinin altındaki maddelerin gayzerlerden dışarı fırlamasının muhtemel nedenlerinden bir tanesini açıklamaktadır. Sıvı su, bu minik uydunun çekirdeğindeki ısıdan dolayı yüzeye doğru basınçla itiliyor olabilir.

URANÜS

Devrilmiş Dev

Yeşilimsi mavi, puslu Uranüs, kutuplarından geçen dönme eksenini yörünge düzlemine neredeyse paralel olacak kadar eğik olduğundan gezegen bilimi çevrelerinde çok meşhurdur. Başka hiçbir gezegenin böyle bir özelliği yoktur. Yörüngesinde dönerken kutuplarından biri ya da diğeri gündönümleri sırasında Güneş'i işaret eder. Ekinokslar (gün-tün eşitlikleri) sırasında da, ekvatoru Güneş'i işaret eder. Bu eksen eğikliği ve yıl uzunluğu birleşince Uranüs'te bazı ilginç gece-gündüz olayları gözlenir. Örneğin her bir kutup noktası kırk iki Dünya yılı kadar güneş ışığı alır. Ekinokslar sırasında ekvator bölgelerindeki günler ve geceler çok kısa olur çünkü Güneş hiçbir zaman ufku çok üstüne çıkmaz. Uranüs Jüpiter ile Satürn'den çok daha yüksek oranlarda su, metan ve amonyak buzlarına sahiptir; bu sebeple de bazen buz devi olarak anılır.

Uranüs'ü çıplak gözle görmek imkânsız olmasa da gezegen oldukça belirsizdir. Ancak tarih boyunca çıplak gözle göğü gözlemleyenlerin bildiği diğer gezegenlerin aksine teleskobun icadına kadar keşfedilmemiştir. Onu kayda geçiren ilk gözlemci 1690 yılında John Flamsteed (1646–1719) olmuştur; astronom onun bir yıldız olduğunu sanmıştır. Bunun sebebi gezegenin hareket ediyor gibi görünmemesidir. Sör William Herschel (1738–1822) 1781 yılında onu fark etmiş ve gözlem defterine bu cismin bir kuyruklu yıldız gibi görüldüğünü not etmiştir. Bunun sebebi de Uranüs'ün, astronomun teleskobundan bir yıldızın olması gerektiği gibi noktasal değil de diske benzer, puslu bir cisim gibi görünmesidir. Daha fazla gözlem ve cismin tahmini yörüngesi üzerinde yapılan biraz daha hesaplama sonra Herschel'in "kuyruklu yıldız"ının aslında bir gezegen olduğu netlik kazanmıştır.



Uranüs yan yatmış durumdadır; bu da kutup ve ekvator bölgelerinin, yörüngesinin farklı kısımlarında Güneş'i işaret ettiği anlamına gelir.

URANÜS HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e en yakın nokta: 2,7 milyar kilometre (1,7 milyar mil)
2. Güneş'e en uzak nokta: 3,0 milyar kilometre (1,86 milyar mil)
3. Yıl uzunluğu: 84 Dünya yılı
4. Gün uzunluğu: 17 saat (iç kısmın dönüşü baz alındığında)
5. Eksen eğikliği: 97,77 derece
6. Kütleçekimi: Dünya kütleçekiminin 0,89 katı

Uranüs'ün Tarihi

Gaz devleri güneş sisteminin, hidrojen ve çeşitli diğer bileşenlerin donmasına izin verecek soğuklukta olan bir bölgesinde biçimlenmiştir. Yakın dönemde yapılmış bazı araştırmalar, bunların aslında Güneş'e şu an olduklarından daha yakın bir yerde oluştuklarını ve daha sonra mevcut konumlarına taşındıklarını öne sürmektedir.

Bu gaz devleri de tıpkı güneş sistemindeki diğer gezegenler gibi, birtakım gezegenimsi yapıların birbirleriyle çarpışa çarpışa birleşip büyümesi sonucunda meydana gelmiştir. Yine de iç güneş sistemindeki gezegenlerin çekirdekleri çoğunlukla kayadan olu-

şurken, dış güneş sistemindeki gezegenlerin çekirdeklerinde kaya ve buz karışımı mevcuttur; ayrıca bu gezegenler sıvı metalik hidrojen ve helyum katmanları kaplı, kalın bir atmosferle örtülüdür. Atmosferin üst kısımlarında bulunan büyük miktarlardaki metan, Uranüs'e soluk mavi-yeşil rengini verir; ayrıca bulut yapılarını görmemizi engelleyen bir dumanlı sis tabakasıyla kaplıdır.

Uranüs'ün eksenini başlangıçta bize bu denli tuhaf gelecek kadar eğik değildi. Bir şey onu bu hale sokmuştur. Peki bu ne olabilir? En iyi teori, yavru Uranüs'ün gezegeni yana devirecek kadar kuvvetli, Dünya büyüklüğünde bir cisimle çarpışmış olmasıdır.

Uranüs'ün Uyduları ve Halkaları

Uranüs'ün bilinen yirmi yedi tane uydusu vardır. Bazılarının isimleri Shakespeare'in oyunlarındaki karakterlerden ve Alexander Pope'un yazdığı *Bukleye Tecavüz* (Rape of the Lock) kitabındaki karakterlerden alınmıştır. Titania ve Oberon 1787 yılında keşfedilmiştir. Ariel ve Umbriel 1851 yılında bulunmuştur; Miranda da ilk defa 1948 yılında tespit edilmiştir. Diğer uydular da *Voyager 2*'nin gezegenin yanından uçuşu sırasında ve daha yakın zamanda da *Hubble Uzay Teleskobu*'nun gözlemleri sırasında keşfedilmiştir. En büyük beş uydu Ariel, Umbriel, Titania, Miranda ve Oberon'dur. Hepsisi de yüzeylerinde pek çok yarık ve krater barındıran küçük, buzdan cisimlerdir.

İçlerinde en sıra dışı görünümlü olanı küçük uydu Miranda'dır. Yerkabuğunu ikiye ayıran derin kanyonlardan ötürü, yüzeyi oldukça pürüzlüdür. Aynı zamanda koronalar denen tuhaf görünümlü, oval biçimli yüzey şekillerine sahiptir. Bazı yerlerde, yüzeydeki faylar (yarıklar) çapraz olarak kesişirler. Başka yerlerde de Miranda'nın yüzeyi buzul volkanizması –yüzey boyunca yumuşamış ve sulu buzlar püskürten buz volkanları– hareketiyle parçalara ayrılmıştır. Diğer dört büyük uydu gibi Miranda'nın da iç kısmında birtakım jeolojik aktiviteler olması muhtemeldir. Bu aktiviteler, Dünya'nın yüzeyini değiştiren tektonizma ve volkanizma hareketleriyle aynı prensibe dayanarak bu uyduların yüzeylerinde değişime sebep olur.

Küçük Bir Uydudaki Büyük Uçurum

Voyager 2 uzay aracı 1986 yılında Uranüs'ün yanından geçerken küçük uydu Miranda'daki en sıra dışı özelliğin resmini yakalayabildi: 5 kilometre yüksekliğinde bir uçurum. Uçurumun çevresinin çatlağa benzeyen yer şekilleriyle kaplı olması, bu uydunun çok büyük bir sarsıntı geçirmiş olduğunu akla getiriyordu. Güneş sistemindeki bilinen en derin uçurum olan Miranda'daki bu sarp kayalığa Verona Rupes adı verilmiştir.

Uranüs'ün uydularının çoğu henüz 1977'de keşfedilen halka sistemiyle aynı düzlemde döner. Gezegenin koyu renkli on üç halkasını ayırt etmek güçtür. Halkalar, güneş sisteminde nispeten daha yakın bir zamanda, yaklaşık 600 milyon yıl önce –muhtemelen gezegenin uydularından bazılarının çarpışması sonucu– oluşmuşlardır. Etrafa saçılan enkaz zamanla bir araya gelerek bugün görmekte olduğumuz düz halka yapıları halini almıştır. En fazla birkaç kilometre kalınlığında olan Satürn'ün halkaları gibi Uranüs'ün halkaları da oldukça incedir. Gezegenin çevresinde 98.000 kilometre kadar uzanırlar ve su buzundan küçük parçalardan ve toz partiküllerinden oluşmuşlardır.

Uranüs'ü Keşfetmek

Voyager 2 uzay aracı 1986 yılında Uranüs'e yaklaşıncaya kadar (bunu yapan tek uzay aracıdır) bu uzak buz devini keşfetmeye yönelik çalışmalar Dünya'daki teleskoplar aracılığıyla yürütülüyordu. *Voyager*, bulutların üst sınırının 81.500 kilometre üzerinden geçerken görüntüler aldı, gezegenin atmosferini inceledi, özgün manyetik alanını kaydetti ve en büyük beş uydusunun görüntülerini yakaladı.

Hubble Uzay Teleskobu da Dünya yörüngesindeki gözlem yerinden Uranüs'ü inceledi. Teleskobun uzun vadedeki görevi, Uranüs atmosferindeki aktiviteleri gözlemek, mevsimsel değişiklikleri iz-

lemek ve Uranüs'ün manyetik alanıyla Güneş fırtınalarından gelen yüklü parçacık akımları arasındaki etkileşimden kaynaklanan kutup ışıklarını (Dünya'daki kuzey ve güneş ışıkları gibi) araştırmaktır.

Uranüs'e gitmekte olan başka bir uzay aracı olmamasına rağmen beklemede olan bazı görevler mevcuttur. Bunlardan biri, 2022'de gönderilecek olan NASA ve Avrupa Uzay Ajansı'nın ortak uzay aracıdır. Bir başka plan da Uranüs'e, bu uzak ve hâlâ gizemli sistemi iki yıl boyunca inceleyecek bir yörünge kâşifi göndermektir.

URANÜS ADI NEREDEN GELİR?

Uranüs, bu gezegenin ilk adı değildi. Sör William Herschel bu gezegene, kendi mali destekçisi olan Kral III. George'a atfen Georgium Sidus adını vermek istemiştir. Bu istek, Büyük Britanya dışındaki gözlemcilere pek uymamıştır; böylece bir süre devam eden tartışmaların ardından Güneş'ten uzaklıkta yedinci sırada olan gezegene Uranüs adı verilmiştir.

Bu isim popüler bir tercihti; öyle ki gezegenin keşfinden kısa bir süre sonra Alman kimyacı Martin Klaproth yeni bir radyoaktif element bulup buna uranyum adını vermiştir.

NEPTÜN

En Dıştaki Gezegen

Güneş sistemindeki ana gezegenlerin sonuncusu olan Neptün de "en"lerin gezegenidir. Ortalama 4,5 milyar kilometre ile Güneş'e en uzak gezegendir. Güneş'in etrafını bir defa dolaşması 165 Dünya yılı sürmektedir. 24.764 kilometrelik çapıyla gaz devlerinin en küçüğüdür. Aynı zamanda atmosferin üst kısımlarında -221°C 'ye kadar düşen sıcaklıklarıyla bütün gezegenlerin en soğğudur. Neptün'ün de rüzgârları oldukça kuvvetlidir ve saatte 2.100 kilometreye kadar ulaşan hızlarla eserler. Atmosferin ve gezegenin kendi eksenini etrafında dönüşüyle birleşen bu rüzgârlar, Dünya'ninkine çok benzeyen eksen eğikliği ve bilinmeyen bir içsel ısı kaynağı, Neptün'e belirgin mevsimler kazandırır ve bazı çok şiddetli fırtınaları tetikler.

Neptün, diğer gaz devlerinininkine bir şekilde benzeyen, sadece birkaç açıdan farklılık gösteren katmanlı bir içyapıya sahiptir. Su, metan ve amonyak buzı karışımından bir mantoyla kaplı küçük, taşlı bir çekirdeği vardır. Bunların üzerinde, hidrojen, helyum ve metan gazlarını içeren alt atmosfer ile buz parçacıkları içeren bulutlarla üst atmosfer yer alır. Atmosferin üst kısmındaki metan gazları Neptün'e karakteristik yoğun mavi rengini verir. Neptün'de Jüpiter ve Satürn'den daha fazla buz olduğundan bu gezegen sık sık buz devi olarak anılır.

Güneş sistemindeki diğer gezegenler gibi Neptün de 4,5 milyar yıl önce Güneş'le aynı gaz ve toz bulutundan meydana gelmiştir. Diğer gezegenlerle birlikte Güneş'e şu an olduğundan daha yakın bir yerde biçimlenmiş ve daha sonra mevcut konumuna taşınmış olabilir.

NEPTÜN HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e en yakın nokta: 4,4 milyar kilometre
2. Güneş'e en uzak nokta: 4,5 milyar kilometre

3. Yıl uzunluğu: 164,8 Dünya yılı
4. Gün uzunluğu: 16,1 saat (iç kısmın dönüşü baz alındığında)
5. Eksen eğikliği: 28,32 derece
6. Kütleçekimi: Dünya kütleçekiminin 1,12 katı

Neptün'ün Uyduları ve Halkaları

Neptün'ün bilinen on üç tane uydusu vardır. Bunlar muhtemelen Neptün'le birlikte biçim almamış olup gezegenin kütleçekimsel gücüne daha sonra yakalanmışlardır. En büyük uydusu Triton, 1846 yılında keşfedilmiş ve 1986 yılında *Voyager 2* uzay aracı tarafından oldukça detaylı bir biçimde görüntülenmiştir. Triton, gezegenin etrafında ters bir yörüngeye sahiptir yani Neptün'ün dönüşünün tersi istikametinde hareket etmektedir. Bu bile, Triton'un gezegenle birlikte oluşmayıp daha sonra kütleçekimine yakalandığının açık bir göstergesidir. 2.700 kilometrelik çapıyla güneş sistemindeki en büyük uydulardan biridir. Gaz devi kardeşleri gibi Neptün'ün de bir halka sistemi mevcut olsa bile Satürn'ünkiler kadar kalın değildir. Halkaları oluşturan parçacıklara dair çok az şey bilinmektedir ancak bilim insanları bunların, karmaşık organik maddeyle kaplı buz parçacıkları olduğunu tahmin etmektedirler. İşin ilginç halkalar kayboluyormuş gibi görünmektedirler ve bunun sebebi hâlâ tartışılmaktadır.

Aktif Uydu Triton

Triton yıllar boyunca Dünya'dan gözlemlenmiş olmasına rağmen kimse, *Voyager 2*'nin 1989 yılında uydunun yanından geçerken şunları bulabileceğini tahmin etmiyordu: Bu donmuş uydunun nitrojen, su ve metan buzlarıyla örtülü alacalı bir yüzeyi vardır. Yüzeyin geniş kısmı kavun arazisiyle kaplıdır; buranın bu şekilde adlandırılmasının sebebi yüzeyin kavun kabuğuna benzemesidir. Aynı zamanda iyice derinlerde gizli kaya-metal bir çekirdeğe sahiptir. En büyüleyici olansa, bir nevi içsel aktivitenin nitrojen gayzerlerini Triton'un ince atmosferine doğru püskürmesini tetiklemesidir.

Bunlar, buzla kaplı yüzeyin yaklaşık 8 kilometre kadar yukarısına yükselen koyu renk duman bulutları gibi görünürler.

Neptün'ü Kim Keşfetti?

Neptün'ün keşif hikâyesi, Urbain Le Verrier (1811–1877) isimli bir adamın matematiksel tahmininin zaferidir. Aslında Neptün'ü ilk gözlemleyen Galileo Galilei gibi bir bilgindi. Bu bilgin bir yıldız bulduğunu sanmıştı. Başka gözlemciler (çıplak gözle görülemeyen) bu silik cismi ayırt etseler de onu bir gezegen olarak tanımlamakta başarısız oldular. Hızla 1840'lara ilerlediğimizde, gözlemcilerin Uranüs'ün yörüngesini neyin bozduğunu belirlemeye çalıştıklarını görürüz. Birkaç gözlemci başka bir gezegenin kütleçekimsel gücünün Uranüs'ü etkilediği tahmininde bulundu. İnsanlar, matematiksel hesaplamalar yapmaya koyuldu ve 1846 yılında Le Verrier dış güneş sistemi gezegeninin bulunduğu olası yeri gösteren çalışmasını sundu.

Bir başka astronom John Couch Adams da benzer hesaplamalar üzerinde çalışıyordu ve Le Verrier kadar isabetli olmasa da o da gizli gezegenin konumunu tahmin etmişti. 24 Eylül 1846'da, Berlin'deki astronomlar Le Verrier'nin hesaplamalarını kullanarak Neptün'ü buldular. Fransa ve İngiltere arasında uzunca süren tartışmalardan sonra keşif, hem Adams, hem de Le Verrier'ye atfedildi. Son yıllarda bulunan yeni kanıtlar Neptün'ün Le Verrier'nin keşfettiğini destekler niteliktedir.

Neptün'ü Araştırmak

Neptün'ü bugüne kadar sadece bir uzay aracı ziyaret etti. 25 Ağustos 1989'da *Voyager 2* gezegene uçtu. Neptün ve Triton'un yüksek çözünürlüklü görüntülerini gönderen araç, gezegenin manyetik alanının gücünü de derinlemesine araştırdı. İşin ilginç tarafı, bu manyetik alanının ekseniiyle gezegenin dönme eksenii arasında bir açı olmasıdır. *Voyager 2*, daha önce Dünya'dan gözlemlenmemiş olan altı adet uydu ve bir halka keşfetti. Uzay aracı, kendisi hâlâ

sistemdeyken gerçekleşen ve astronomların Büyük Koyu Leke, Kakyak ve Koyu Leke 2 takma adlarını verdikleri birkaç fırtınanın da görüntülerini yakaladı.

Son günlerde Neptün hakkında bildiklerimizin çoğunu yer teleskopları ve *Hubble Uzay Teleskobu*’ndan yapılan gözlemler sağlamaktadır. Neptün’e yeni bir görev aracı göndermek üzere aktif bir plan yoktur; ancak uzak bir gelecekte dış güneş sistemi gezegenlerine gönderilebilecek uzun süreli yeni nesil robotik sondalar üzerinde devam eden araştırmalar mevcuttur.

Büyük Koyu Leke

Voyager 2 uzay aracının en büyük keşiflerinden biri, gezegenin üst bulut katmanlarını kasıp kavuran, dev bir anti-siklon fırtınasının keşfidir. Bu fırtına karanlık görüldüğünden kendisine derhal “Büyük Koyu Leke” adı verilmiştir. Fırtına birkaç yıl sürmüş, *Hubble Uzay Teleskobu* (*Voyager 2* uzay aracı Neptün’e vardığında teleskop henüz fırlatılmamıştı) tarafından görüntülenme fırsatı yakalanmadan yok olmuştur. Başka fırtınalar da gelip geçmiş, son yıllarda kuzey yarımkürede yeni bir “Büyük Koyu Leke” ortaya çıkmıştır.

PLÜTON

Cüce Gezegen

Uluslararası Astronomi Birliği (UAB) 2006 yılında Plüton'un artık bir gezegen olmadığını duyurduğunda pek çok insan hayrete düştü. Quaoar, Makemake, Eris ve Sedna gibi diğer dış güneş sistemi gezegenleriyle birlikte artık cüce gezegen olarak anılacaktı. Bu durum, Plüton'un yıllardır "Kuiper Kuşağı'nın Kralı" olması gerçeğini değiştirmede fakat halkın nazarında Plüton'un rütbesinin indirilmesi üzücü bir haberdir. Medya da işe karıştı ve televizyonlardaki söyleşi programlarında bilim insanları gezegenleri geçmişte olduğundan daha titiz biçimde tanımlamak üzere düello etmeye başladı.

Plüton bu duyurudan öncekiyle hâlâ aynı gezegen. Gezegen değil de artık cüce gezegen sayılması, fiziksel parametrelerini biraz olsun etkilemedi. Fakat bu, dış güneş sistemindeki gezegenleri daha iyi sınıflandırmamıza olanak tanıdığı için önemli bir durumdur. Öncelikle Plüton Güneş'ten 5 milyar kilometre uzakta bulunur ve Güneş etrafında bir turunu tamamlaması 248 yıl sürer. 1930 yılında Clyde Tombaugh (1906–1997) tarafından keşfedilen Plüton, keşfedilişinden bu yana henüz bir turunu dahi tamamlamamıştır.

PLÜTON HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Güneş'e en yakın nokta: 4,4 milyar kilometre
2. Güneş'e en uzak nokta: 7,3 milyar kilometre
3. Yıl uzunluğu: 247,8 Dünya yılı
4. Gün uzunluğu: 6,39 saat (ters dönüş)
5. Eksen eğikliği: 123 derece
6. Kütleçekimi: Dünya kütleçekiminin 0,9 katı

Plüton, güneş sisteminde Kuiper Kuşağı denen bir bölgede Güneş'in etrafında döner. Bu kuşak Neptün'ün yörüngesinden başlar ve muhtemelen Plüton boyutunda (belki daha da büyük) pek çok

gezegen içerir. Bu cisimlerin çoğu gibi Plüton da kaya ve buzdan oluşmuştur; yüzeyi de neredeyse tamamen, az miktarlarda karbon-dioksit ve metanla karışık nitrojen buzuyla kaplıdır. Plüton'un muhtemelen, su buzundan mantıyla çevrili, katı bir çekirdeği vardır. Yüzeyinin pürüzlü oluşu, bir nevi buzul volkanizması aktivitesinin, buzlu maddeyi yüzeyin altından dışarıya çıkmaya zorladığına işaret etmektedir; dolayısıyla içeride bir tür ısınma gerçekleşiyor olabilir.

Plüton'un Uyduları

Donmuş buzlu yüzeyinden bakıldığında Güneş kocaman, parlak bir yıldız gibi görünür. Plüton'un üstünde durabilseydiniz en büyük uydusu Charon'u uzaklarda görürdünüz. *Hubble Uzay Teleskobu*'nun gözlemleriyle yakın zamanda keşfedilmiş dört uydusu daha vardır. Aslında Charon ile Plüton bir ikili cüce gezegen sistemi olarak sınıflandırılmıştır. Bu iki gökcsimi gelgit rezonansı ile birbirlerine kilitlenmişlerdir, yani ortak kütle merkezleri etrafında birbirlerine sürekli aynı yüzleriyle bakarak dönmektedirler.

Nix ve Hydra uyduları 2005 yılında keşfedildiler. Yüzeylerinde aydınlık ve karanlık yerler vardır; bu da buz yataklarının olduğunu gösterir. Keşfedilen diğer iki küçük uydu geçici olarak P4 ve P5 olarak adlandırılmıştır. Bunlardan biri, dış güneş sistemine gönderilecek *New Horizons* görev aracını etkileyebilecek tehlikelerin araştırılması sırasında keşfedilmiştir.

Cüce Gezegen Ne Demektir?

Uluslararası Astronomi Birliği gezegen tanımı üzerinde tartışıp Plüton, Sedna, Eris ve Kuiper Kuşağı'nda yeni keşfedilmiş diğer gökcisimlerini bu tanımın dışında bırakan bir dizi kriter belirledi ve bu gökcisimleri için yeni tanımlar yaptı. Bunlar cüce gezegenlerdir; yani Güneş yörüngesinde olan ve kendi kütleçekimi sayesinde dönebilen ancak yörüngesini diğer gezegenimsi yapılardan temizlememiş olan gökcisimleridir. Ayrıca başka gezegenlerin uyduları da değildirler. Şu anda bilinen beş adet cüce gezegen bulunmaktadır:

1. Plüton (eşi Charon ile birlikte)
2. Ceres
3. Haumea
4. Makemake
5. Eris

Bunlardan son üç tanesi 2004 ve 2005 yıllarında keşfedilmiştir ve keşfedilmelerinde gezegenler ve cüce gezegenler hakkındaki tartışmaların büyük rolü olmuştur. Bu meseleler hâlâ tartışılmaktadır ve gelecekte daha çok netlik kazanabilirler.

Plüton Nereden Geldi?

Plüton'un, Güneş'in etrafında eliptik bir yol izlediği ayırksı bir yörüngesi vardır. Diğer gezegenlerin yörüngeleri daha daireselken Plüton'un yörüngesi oldukça yassı bir elipstir. Diğer gezegenlerin çoğunun yörünge düzlemleri birbirlerine paralel sayılabilecekken Plüton'un yörünge düzlemi ile diğer gezegenlerin genel yörünge düzlemi arasında büyük bir açı mevcuttur. Bu yassılık ve açı Plüton'un kökenine dair ilginç bir hikâye anlatmaktadır. Öncelikle, Plüton büyük ihtimalle, yaklaşık 4,5 milyar yıl önce güneş sisteminin oluşumundan kalma gezegenimsi bir yapıdır. Bir gezegen oluşturmak üzere diğer parçalarla hiç kaynaşmamıştır. Bir defasında Plüton'un güneş sisteminin dışından yakalanmış olabileceği düşünülmüştü; çünkü bu durum gezegenin tuhaf yörüngesel karakteristiğini açıklardı. Yine de güneş sistemi tarihinin başlarında, gaz devlerinin Güneş'e çok daha yakın bir konumda oluşmuş olmaları muhtemeldir. Bir noktada dış güneş sistemindeki mevcut konumlarına taşındılar. Neptün'ün taşınmasının Plüton'u ve benzer boyuttaki Kuiper Kuşağı cisimlerini şu anki konum ve yörüngelerine sürüklemiş olması muhtemeldir.

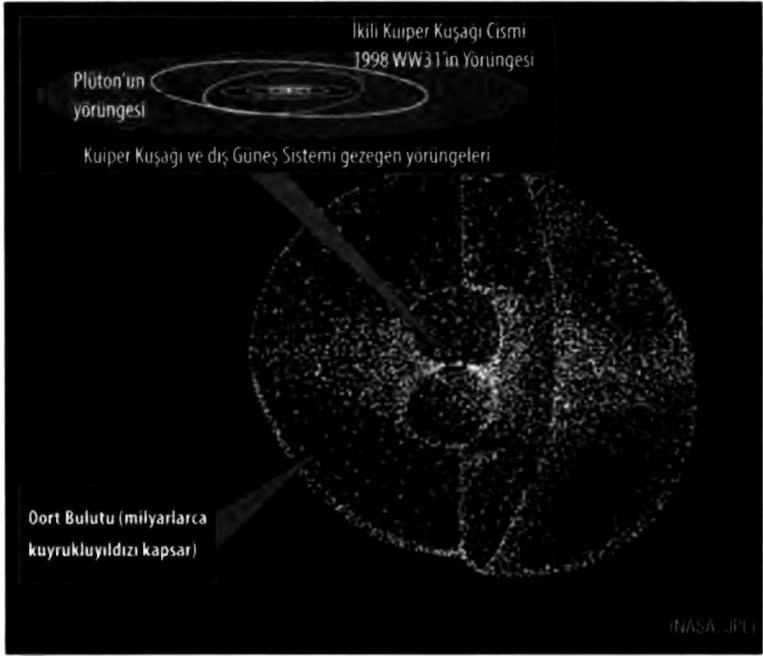
Plüton'un Keşfi

Plüton'u ayırt etmek güçtür. Büyük bir teleskopla çok sabırlı bir şekilde araştırılmadan görülemez. On dokuzuncu yüzyılın sonla-

rında astronomlar Neptün'ün ötesinde başka gezegen olup olmadığı hakkında tahminlerde bulunuyorlardı; neticede Neptün, Uranüs'ün yörüngesine yaptığı etki sebebiyle keşfedilmişti. Uranüs'ün daha çok gözlemlenmesi sonucu, Neptün'ün varlığından kaynaklanmayan bazı etkilerin hâlâ var olduğu görüldü. X Gezegeni fikri, dokuzuncu gezegeni araştırmak için Arizona, Flagstaff'taki Lowell Gözlemevini kuran Percival Lowell'ı (1855–1916) kıskırtmıştı. Görünüşe göre Lowell ve diğerleri Plüton'un fotoğrafını çekmişlerdi ancak bunun ne olduğunu bilmiyorlardı. Bu anlaşılması zor cismi, Clyde Tombaugh isimli kararlı bir genç adam buldu. Gökyüzünün Plüton'un olduğu tahmin edilen yerlerinin fotoğraf plakalarını hazırladı ve kımıldayan bir cisim bulabilmek için bunları birbiriyle karşılaştırdı. 18 Şubat 1930'da avını yakaladığında bu haber dünyayı çalkaladı. Bu, yeni yüzyılda bulunmuş bir gezegendi; üstelik bir Amerikalı tarafından keşfedilmişti. Venetia Burney adındaki İngiliz bir öğrencinin önerisiyle Tombaugh keşfettiği gezegene Plüton adını verdi ve bu adın ilk iki harfinin, birkaç yıl önce ölmüş olan Percival Lowell'a bir saygı ifadesi olduğunu da belirtti. Daha sonra, Uranüs'ün ve Neptün'ün yörüngelerindeki fazladan sapmaların, Plüton'un etkisinden değil, matematiksel bir hata sonucu olduğu ortaya çıktı.

Dıştaki Sınırları Keşfetmek

Plüton'un incelenmesi, pek çok yıllar boyunca yer gözlemevleri ve *Hubble Uzay Teleskobu* gibi yörüngesel cihazlarla yapıldı. 2015 yılında *New Horizons* uzay aracı Plüton'un ve uydularının yanından uçup bu uzak gezegenin ilk yakın çekim görüntülerini gönderince bu durum değişmiş olacak. Daha sonra sonda Kuiper Kuşağı boyunca daha da ilerleyerek güneş sisteminin bu yeni sınırlarındaki cisimleri inceleyecek.



Kuiper Kuşağı, dış güneş sisteminde, Neptün'ün ötesine uzanan disk şeklinde bir bölgedir. Daha ziyade bir küreye benzeyen Oort Bulutu'nun içinde yer alır. Kuiper Kuşağı buzdan küçük gezegenlerle ve kuyrukluyıldız çekirdekleriyle doludur. Oort Bulutu da sayısız kuyrukluyıldız çekirdeği içerir.

KUYRUKLUYILDIZLAR

Kadim Zamanların Alametleri, Modern Çağın Gözlem Noktaları

İnsanlık tarihinin büyük kısmında insanlar kuyruklu yıldızlara karşı ihtiyatlılardı. İlk zamanlardaki gökyüzü gözlemcileri onların gerçekte ne çeşit göksel cisimler olduklarına dair çok az bilgileri vardı. Onlara göre kuyruklu yıldızlar ya yıldız ya da gezegendi. Hiçbir uyarıda bulunmaksızın görünüp kayboluyorlar, zaman içinde şekil değiştiriyorlardı. Bazı gözlemciler onların talihsizlik işareti ve kıyamet alameti olduklarını, yaklaşmakta olan felaketlerin uyarısında bulunduklarını düşünüyorlardı.

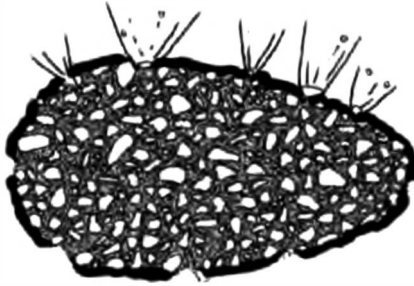
Günümüzde kuyruklu yıldızların Güneş'in yörüngesinde bulunan, güneş sistemine ait cisimler olduklarını biliyoruz. Buz ve tozdan oluşan bir çekirdek içerirler. Kuyruklu yıldız Güneş'e yaklaştığında bu buzlar buharlaşmaya başlar; buna da teknik olarak *süblimleşme* denir. Kuru buzu havayla temas ettirdiğinizde olan şeye çok benzer: Buzdan doğrudan buharlaşmaya geçer. Kuyruklu yıldızdaki maddeler çekirdeğin etrafında koma adı verilen bir bulut oluşturur ve peşi sıra bir çift kuyruk dalgalanır. *Toz kuyruk* kuyruklu yıldızdaki tozlardan oluşurken *plazma kuyruk*, Güneş rüzgârıyla karşılaşınca parlayan iyonize (ısınmış) gazlar içerir.

Kuyruklu yıldızların ilginç biçimde, artlarında parçacık akıntılarının izlerini bıraktıkları bilinir; bunlar da nihayetinde kuyruklu yıldızın yörüngesi boyunca saçılırlar. Dünya, bu akıntılardan biriyle karşılaşınca maddeler atmosferimiz tarafından yakalanır. Akıntıdaki parçacıklar yüzeye düşerlerken atmosferde buharlaşarak meteorları yaratırlar.

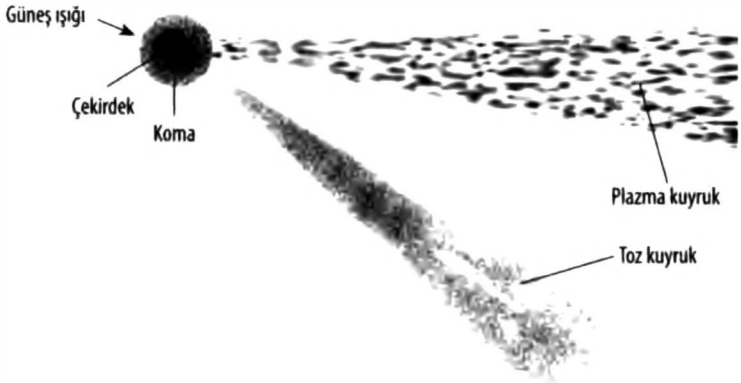
Oort Bulutu

Güneş sistemimizin dış sınırlarında buzdan oluşan cisimlerden engin bir yığın bulunmaktadır; bu fikri ilk kez Hollandalı astronom Jan Oort (1900–1992) ileri sürdüğü için bu yığına Oort Bulutu adı

verilmiştir. Bu küresel bulut Güneş'ten bir ışık yılı uzaklığa dek uzanabilir. Orada kaç adet kuyruklu yıldız çekirdeği olduğu ya da bulutun nasıl oluştuğu tam olarak netlik kazanmamıştır. Fikirlerden biri bulutun, dev gezegenler biçimlenip mevcut konumlarına taşınırlarken güneş sisteminin iç bölgelerindeki buzdan maddelerin de onlarla birlikte taşınma meydana gelmiş olabileceğidir.



Kuyruklu yıldızlara "kirli kartopları" denir ve buz, kaya ve toz parçacıkları karışımından oluştuğu düşünülmektedir. Kuyruklu yıldızlar güneşe yaklaştıkça buzlar süblimleşir ve parçacık jetleri halinde kuyruklu yıldızın iç kısmından hızla dışarı püskürür.



Kuyruklu yıldız güneşe yaklaştığında toz parçacıkları çekirdekten uzağa doğru uçarak toz kuyruğu oluşturur. Plazma kuyruksa Güneş ve güneş rüzgârı tarafından harekete geçirilmiş gazlardan gelir.

KuyrukluYıldızlar Hakkında Değişen Fikrimiz

KuyrukluYıldızlar hakkında ilk bilimsel düşünce, bunların gezegenimizin atmosferinin üst kısmında gerçekleşen olayların bir sonucu olduklarını ileri süren Yunan filozof Aristoteles tarafından ortaya atıldı. Gerçi bu fikirde bir problem vardı. KuyrukluYıldızlar gerçekten de bize o kadar yakın olsalardı o zaman uzayda hızla hareket ediyor gibi görünürlerdi. Oysa kuyrukluYıldızlar konumlarını oldukça yavaş değiştirirler, gökyüzünde ilerlemeleri haftalar ya da aylar sürer. Peki, o zaman bunlar nasıl cisimlerdi ve neredeydiler?

Danimarkalı astronom Tycho Brahe (1546–1601), 1577 yılında ortaya çıkan parlak bir kuyrukluYıldız'a aşırı bir ilgi duydu. O ve diğer astronomlar kuyrukluYıldızın konumunu aylar boyunca dikkatle ölçtüler ve bunun Dünya'nın çok uzağında olduğunu belirlediler. Bundan yüzyıl sonra bir başka kuyrukluYıldızın görünmesiyle gözlemciler, Kepler'in cisimlerin Güneş'in etrafında nasıl hareket ettiklerine ilişkin fikirlerini uygulayarak kuyrukluYıldızın yörüngesini saptadılar. Daha sonra Isaac Newton (1642–1726) da kuyrukluYıldızların böyle yörüngelerde hareket ettiklerini gösterdi.

Tozlu Kuyruğun Peşinde

KuyrukluYıldızların kuyrukları zaman zaman kuyrukluYıldızın seyahat yönünde akıyormuş gibi betimlenir fakat bu yanıltıcıdır. KuyrukluYıldızın toz kuyrukları Güneş'ten uzağı işaret ederken plazma kuyrukları Güneş rüzgârıyla taşınır. Yani bazen bir kuyrukluYıldızın oldukça farklı yönleri gösteren iki kuyruğu olabilir.

Onlara bakış açımızı değiştiren bir sonraki parlak kuyrukluYıldız, Halley KuyrukluYıldızı'ydı. Astronom Edmond Halley (1656–1742) görülmüş kuyrukluYıldızların tarihsel kayıtlarını inceledi ve belirli bir kuyrukluYıldızın yetmiş altı yılda bir ortaya çıktığını fark etti. Bu bilgiye dayanarak bir kuyrukluYıldızın 1758'de tekrar ortaya çıkacağı tahmininde bulundu; gerçi kuyrukluYıldız, dış geze-

genlerin kütleçekimsel gücüyle yörüngesinde oluşan değişikliklerden ötürü 1759 yılında tekrar ortaya çıktı. Halley Kuyruklu Yıldızı göklerimizde en son 1985-1986 yıllarında görüldü ve bir sonraki ziyareti 2061 yılında olacak.

Tarih Boyunca Haber Olan Halley Kuyruklu Yıldızı

Halley'in hesaplamaları üzerinde geriye giderek çalışan tarihçiler, Halley Kuyruklu Yıldızı'nın, 1066 yılında Avrupa semalarında beliren ve Fatih William'ın İngiltere'yi istilasındaki başarısını anlatan Bayeux İşlemesi'nde yer alanla aynı kuyruklu yıldız olduğunu fark etmişlerdir. Babil'in çivi yazısı tabletlerinde de MÖ 164 yılı kadar eski bir dönemde kuyruklu yıldızın görüldüğünün kaydı mevcuttur.

Yirminci yüzyıl, kuyruklu yıldız biliminde pek çok gelişmeler getirdi; bunlara Fred Whipple'in (1906–2004) kuyruklu yıldızların aslında uzaydaki kirli kartopları oldukları fikri de dahildir. Şu an en çok kabul gören görüş de budur. Peki, ama kuyruklu yıldızlar nereden geliyor ve Güneş'in etrafındaki yörüngelere nasıl oturuyorlar?

Kuyruklu Yıldız İsimleri

Halley Kuyruklu Yıldızı, adını Sör Edmond Halley'den alır. Kuyruklu yıldızlar uzunca bir süre kâşiflerinin adlarını aldılar. Bugünse bu isimlere keşif yılı, keşfedildikleri ayı temsil eden harf ve kuyruklu yıldız hakkında ek bilgileri belirten harfler eklenir. Bu sistem altında Halley Kuyruklu Yıldızı 1P/Halley olarak bilinir. Bu, onun keşfedilen ilk periyodik kuyruklu yıldız olduğunu ve Halley tarafından keşfedildiğini belirtir. 2012 yılında Uluslararası Bilimsel Optik Ağ tarafından keşfedilen bir başka kuyruklu yıldız da C2012 S1 (ISON) denmiştir.

Zamanın İçindeki Hazineleler

Bugün kuyrukluYıldızların, 4,5 milyar yıl önce güneş sistemi oluşmaya başladığında var olan maddelerin kalıntıları olduklarını biliyoruz. Bu onları, güneş sistemi tarihinin hazineleri haline getiriyor. Son yıllarda *ICE*, *Vega 1-2*, *Suisei*, *Giotto*, *Deep Space 1*, *Deep Impact* ve *Stardust* dahil olmak üzere birkaç görev aracı gerçekten de kuyrukluYıldızları ziyaret etti ya da inceleme için kuyrukluYıldız madde örnekleri topladı. Avrupa Uzay Ajansı'nın *Rosetta* görev aracı 67P/Churyumov-Gerasimenko kuyrukluYıldızıyla bir buluşma ayarladı; sondayı kuyrukluYıldızın yüzeyine indirecek.

Güneş sisteminin oluşumu sırasında *protosolar nebula*, muhtemelen bulutun tamamında buzlu maddeler açısından zengindi. Bazı buzlar Güneş'in ısıyla yok oldu ya da gezegenlerle birleşti. Kalanı da büyük olasılıkla, Oort Bulutu denen kuyrukluYıldız çekirdeklerinin buzdan kabuğunu oluşturmak üzere dış güneş sistemine taşındı. Güneş sisteminin Kuiper Kuşağı denen bölgesinde de kuyrukluYıldız çekirdekleri mevcuttur. Bu kuşak Neptün'ün yörüngesinden dışarı uzanır ve pek çok donmuş, küçük gezegeni ve kuyrukluYıldız çekirdeklerini içerir.

Güneş Etrafındaki Gökemli Gösteriye Doğru Aceleci Yolculuk

KuyrukluYıldızlar yörüngelerinde çok uzaklara seyahat ederler; bazıları güneş sisteminin en uzak köşelerinden gelir. Çekirdeği, Oort Bulutu'ndaki rahat yörüngesinden çıkaran bir nevi kütleçekimsel etkileşimin gerçekleşmesi muhtemeldir. Belki iri bir buz ve toz parçası Kuiper Kuşağı'ndaki yakın bir komşudan gelen bir çağrıyla ya da Neptün'le teması sonucu harekete geçmektedir. Cismin yörüngesini Güneş'e doğru döndürmek için bunlar yeterlidir. Yolu üzerindeki diğer gök cisimlerinden gelen kütleçekimsel dürtüler kuyrukluYıldızın yörüngesini hafifçe değiştirir. Bu andan sonra kuyrukluYıldızın Güneş'e yaklaşması, bir kuyruk çıkarması ve bize, tarih boyunca gözlemcileri büyüleyen o tanıdık şeklini göstermesi an meselesidir.

METEORLAR VE METEORTAŞLARI

Gökyüzündeki Parlamaların Ardında Ne Var?

Hiç yıldız kayması gördünüz mü? Gördüyseniz, güneş sisteminin tarihinin minik bir kısmının buharlaşmasına şahit oldunuz demektir. Gördüğünüz şey teknik olarak, güneş sistemi enkazının bir parçasının Dünya'nın atmosferinde buharlaşması ve ardında meteor denen görülebilir bir iz bırakmasıdır. Bunun bir parçası bu geziden kurtulup yere düşerse, bu kalan taşlı parçacıklara meteortaşları adı verilir. Güneş sistemindeki bu parçalardan bazıları Güneş ve gezegenler oluşmadan çok daha önce var olmuş olabilir. Bazıları da bir asteroidin, Ay'ın veya Mars'ın parçaları olabilir.

Meteortaşı Bulduğunuzu mu Düşünüyorsunuz?

İnsanlar sıklıkla meteortaşı olduğunu düşündüğü taşlara rastlar. Gerçek bir meteortaşı oldukça yoğun ve ağır olur. Genellikle man-yetiktir ve içinde gökkumları denen küçük kalıntılar olabilir. Çoğu meteortaşı, füzyon kabuğu denen, siyah, küle benzer, kararmış bir dış yapıya sahiptir. Yüzeyde de başparmak izi gibi görünen düzleşmiş çöküntüler ve oyuklar vardır; bunlara *regmaglypts* adı verilir. Son olarak da çoğu demir ve nikel karışımından meydana gelmiştir. Uzaydan geldiğini düşündüğünüz bir şey bulursanız bunu yerel bir gözlemine ya da bir üniversitenin jeoloji bölümüne götürüp birine gösterin. Dünya'daki pek çok kaya ve demir sanayi atıkları meteortaşlarıyla karıştırılabilmektedir; bu sebeple tuhaf görünümlü bir taşla karşılaştığınız takdirde bunu bir uzmana sormanız iyi olacaktır.

Dünya'daki Bombardıman

Gezegelimiz her gün "dışarıdan" gelen yüzlerce tondan fazla maddede yağmuruna tutulmaktadır. Bu parçaların çoğu çok küçük, belki

de toz zerrecikleri boyutundadır. Bunlar, Dünya'nın kalın atmosferinden geçmeyi başaramazlar. Sürtünme onların ısınıp yükseltince buharlaşıverirler. Bu seyahati tamamlayan daha büyük parçalar bir okyanusa ya da göllere düşer; 15 Şubat 2013'te Rusya'ya düşen kaya parçası bunlardan biridir. Meteortaşlarından bazıları toprağa düşerler ve en sonunda da koleksiyoncular tarafından toplanırlar. Peki, ya güneş sistemi enkazının gerçekten daha büyük olan parçaları? Bize zarar verebilirler mi?

Bunu yanıtlamak için güneş sistemi tarihine bir dönüp bakalım. Dünya'nın oluşumunun başlarında gezegenimiz sürekli bombardıman altındaydı. İşin ilginç, Dünya eğer bu darbeleri almamış olsaydı var olamazdı. Bu bombardıman ve birikim gezegenimizi oluşturdu. Dünya tamamen biçim aldıktan sonra bile enkaz gezegene yağmaya devam etti; bu da Dünya'ya yeni maddeler ekleyip genç yüzey şekillerinde kraterler oluşturdu. Bombardıman hâlâ sürse de bugün Dünya'ya düşen parçalar artık oldukça ufaktır ve genellikle çok az hasara sebep olur.

Kozmik Çarpışmalar

Çarpışmalar Asteroit Kuşağı'nda hâlâ düzenli olarak meydana gelir ve pek çok asteroit, uçuşan taş yığınlarının tekrar bir araya gelmesiyle oluşan çarpışma enkazı olabilir.

Milyarlarca yıllık bombardımandan sonra bile, hâlâ oldukça büyük miktarda güneş sistemi enkazı mevcuttur. Bunlardan bazıları, Dünya'ya düşse büyük problemlere sebep olabilecek denli iridir; yaklaşık bir kilometre çapındadır. Bunlar bize pek sık çarpmaz; belki bir milyon yılda bir ancak gelirler. Fakat çarptıklarında da büyük hasarlara sebep olabilirler. Bu sebeple gezegen bilimciler yörüngeleri Dünya'nın yörüngesiyle kesişen yörüngedeki bu boyutta cisimleri gözlemlemektedir. Zaman zaman bunlardan bahsedildiğini duyarız ve bu cisimler keşfedildiklerinde gözlem-

ciler, bunların Dünya için bir tehlike arz edip etmediğini tahmin edebilmek adına yörüngelerini en tutarlı biçimde hesaplamak için oldukça fazla zaman harcarlar. Arizona'daki Catalina Rasathanesi, Dünya'ya çarpabilecek, tehlike teşkil eden, olası asteroitleri gözleyen "erken uyarı" gözlemevlerinden biridir.

Meteorlar Nereden Gelir?

Gece gökyüzünde gördüğünüz meteorların çoğu toz zerrecikleri ya da minik taş parçalarıdır. Bunların çoğu Güneş'in etrafında seyahat eden kuyruklu yıldızların artlarında bıraktığı toz ve buzdan geriye kalanlardır. Dünya'nın yörüngesi bu kuyruklu yıldız akımlarıyla kesişirse meteortaşlarının atmosferimize girerek yol açtığı bir meteor yağmuru deneyimleriz.

Meteor Yağmurları

Her yıl sekiz adet büyük meteor yağmuru gerçekleşir. Bunları en iyi şekilde izlemek için gece geç vakitlere kadar oturmalı ya da sabahın erken saatlerinde gözlem yapmalısınız. Saatte onlarca meteor görebilirsiniz; bunların arasında atmosferimiz boyunca hareket eden enkazın iri parçalarının izleri olan bazı havataşları da yer alır. Meteor yağmurlarına geldikleri yer orasıymış gibi görünen takım yıldızların isimleri verilir. En iyi bilinenler şunlardır:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| • Ocak: Quadranslılar | • Ağustos: Perseuslular |
| • Nisan: Lyrallılar | • Ekim: Orionlular |
| • Mayıs: Eta Aquariler | • Kasım: Leolular |
| • Haziran: Ariesliler ve Bootesliler | • Aralık: Geminililer |
| • Temmuz: Güney Delta Aquariler | |

Geminililer hariç hepsine, Dünya'nın kuyruklu yıldız enkazı akıntısına doğru hareket etmesi sebep olur. Geminililer ise, muhtemelen ölü bir kuyruklu yıldız olan Asteroid 3200 Phaethon'un enkaz akıntısından gelir.

Bazı meteorlar asteroitlerin çarpışmasından kalan enkazdan gelirler. Paramparça olmuş kalıntılar uzayın dört bir yanına saçılır ve zamanla Dünya'nın yörüngesine doğru saparak atmosferimize rastlar. Diğer meteorlarsa bazı cisimler Ay'la çarpıştığında uzaya fırlayan iri enkaz parçalarıdır. Çarpışma Ay yüzeyinden birtakım parçaların kopmasına sebep olur; zamanla yolları Dünya'nın yörüngesiyle kesişen bu ay kayaçları atmosferimize dalar.

Dünya'da bulunan en nadir meteortaşı türleri Mars'tan gelenlerdir. Bunlar uzun –bazen milyonlarca yıl süren– bir yolculuk geçirirler. Mars'taki kayalar Dünya'ya nasıl gelir? Ay taşları gezegenimize nasıl ulaşıyorsa öyle. Mars tarihi boyunca bombardımana uğradı; bunu yüzeyinde bulunan pek çok kraterle bakarak da görebiliriz. Bir çarpma sırasında Mars'taki yüzey taşları fırlayarak uzaya uçabilir. Onları sonunda Dünya'nın yörüngesine yaklaştıracak yörüngelere otururlar ve çok yakında gezinirlerse Dünya'nın kütleçekimiyle sürüklenip yüzeye düşerler.

Meteortaşları başlangıçtaki güneş bulutsularında hangi şartlar altında oluştukları ve kuyruklu yıldızlar, asteroitler, Ay veya Mars yüzeyi hakkında bilgi veren hazinelerdir. Astronomların yere düşen meteortaşlarını incelemekle bu kadar ilgilenmelerinin sebebi budur. Onlar, güneş sisteminin derinliklerinden gelen değerli örneklerdir.

Meteortaşı Türleri

Üç temel meteortaşı türü vardır. Demir meteortaşları, bir asteroit ya da küçük gezegenin çekirdeğinden gelirler ve oldukça iri ve ağırdırlar. Taş meteortaşları bir gezegen ya da asteroidin kabuğundan gelirler. Genellikle gökkumu denen yuvarlak taneler içerirler; ayrıca bu kumlu cisimler en azından güneş sistemi kadar eskidir. Son olarak da taşlı-demirli türler mevcuttur. Bunlar gayet nadirdirler ve bir asteroit ya da oluşumunun başlangıç aşamasında bulunan bir gezegenin çekirdeğiyle manto katmanı arasındaki bölgeden gelirler.

ASTEROİTLER

Güneş Sistemi Enkazı

Güneş sistemi enkazının milyonlarca kırıntısı gezegenler arasında dolaşmaktadır. Bunlara *asteroit* denir ve gezegenimsi yapı –gezegenler biçimlenirken ilk güneş bulutsusunda var olmuş, sivri, küçük gökcisimleri– denen bir gökcismi sınıfını temsil ederler. Bugün var olan asteroitler daha büyük gezegenler oluşturmak üzere birleşmemiş olanlardır ya da oluşum aşamasındaki gezegenlerin, çarpışmalar sırasında kopan parçalarıdır. Esas olarak katı maddelerden meydana gelmiş çoğu asteroit, Jüpiter ve Güneş arasında döner.

Asteroitler yansıtıkları ışığın spektrumuna göre sınıflandırılır. Asteroitlerdeki kimyasal elementler spektroskop denen bir cihazla bu ışığa bakılarak tespit edilebilir. Bu cihaz ışığı bileşen dalga boylarına ayırır. Asteroidin yüzeyinde mevcut olan her bir kimyasal element kendisini sonuç spektrumunda bir dizi karakteristik çizgi olarak belli eder.

Bir Asteroide İsim Vermek

Ne zaman yeni bir asteroit bulunsa ona, keşfedildiği yılı ve keşfedildiği ayı temsil eden harfi içeren, geçici bir ad tayin edilir. Asteroit sonunda bir sayı alır ve bir de ada kavuşabilir. Keşfi yapan kişinin isim verme hakkı mevcuttur ve bu sebeple de 433 Eros (mitolojik Tanrı) ya da 3503 Brandt (astronomun adı) gibi asteroitlerimiz vardır. Ayrıca yazar, müzisyen (bütün Beatles üyelerinin kendi adlarına birer asteroitleri vardır) ve bu gibi pek çok sanatçının ismini almış asteroitler de mevcuttur.

Asteroitler üç ana türe ayrılır:

1. **C-türü asteroitler** karbon içeriklidir. Yani bu çoğunlukla, hidratlarla (su içeren mineraller) karışık karbon bileşenler içerdikleri anlamına gelir. Bilim insanları bunların, Güneş oluşmaya başladığında genç güneş bulutsusunda var olduklarını düşünmektedir.
2. **S-türü asteroitlerin**, taşlı meteortaşlarındakilere yakın bir yapıları vardır. Bu da onların, çoğunlukla demir ve magnezyum silikat (Dünya'nın yerkabuğundaki benzer kayalar) denen bir karışımdan oluştukları anlamına gelir.
3. **M-türü asteroitler**, çoğunlukla nikel-demir karışımından meydana gelmiştir ve çarpmalar sonucu parçalanmış daha büyük cisimlerin metalik çekirdeklerinden geliyor olabilirler.

Keşfedilen İlk Asteroit

Güneş sistemindeki en büyük asteroidin adı 1 Ceres'tir. Bu ayrıca bir cüce gezegendir. Ceres 1801 yılında keşfedilmiş, kâşifi Giuseppe Piazzi (1746–1826) tarafından da bir gezegen olarak değerlendirilmiştir. Ceres yuvarlak bir gezegendir ve asteroitlere pek benzemez. Muhtemelen su buzuyla ve kille kaplı, açık renkli bir yüzeyi vardır. 2012 yılında asteroit 4 Vesta'yı ziyaret eden *Dawn* uzay aracı şimdi de Ceres'i incelemek üzere yola çıkmıştır.

Asteroit Grupları ve Aileleri

Güneş sistemindeki asteroitlerin çoğu, Mars ve Jüpiter arasında dolanan birkaç milyon asteroitten oluşan Asteroit Kuşağı'nın bir parçasıdır. Uzayda, güneş sisteminin doğuşu sırasında bir gezegenin biçimlenebileceği bir bölgeyi işgal ederler ancak Jüpiter'in kütleçekimsel etkisi parçaları bir araya gelmekten alı koymuş olabilir.

Bazı asteroitler, uzay boyunca benzer yolları izleyen aileler içinde toplanmışlardır; bu gruplar onların, bir zamanlar daha büyük

tek bir parçalanmış kırılmış ve çarpışmalarla yörüngeye saçılmış bölümleri oldukları anlamına gelir. Yaklaşık otuz farklı asteroit ailesi mevcuttur ve bunların çoğu ana Asteroit Kuşağı'nda bulunur. Diğerleri farklı mesafelerde –bazısı Kuiper Kuşağı kadar uzakta– gezinir. İyi bilinen bir grup, büyük bir asteroit olan 4 Vesta dolaylarında gezinir. *Vestoitler* olarak bilinen bu grup, bir cisim uzak geçmişte asteroit Vesta'ya çarpıp iri bir krater yarattığı zaman yörüngeye saçılmışlardır.

Bir diğer asteroit grubu güneş sisteminin aynı bölgesinde, başka bir gezegen veya uydu gibi döner. "Truvalı" adı, asteroit gibi bir gökcismine, yörüngesini bir gezegen ya da daha büyük bir uydula paylaşmasından ötürü konur. Yörüngede, "Truva noktaları" denen sabit noktalarda bulunduklarından çarpışmazlar. Bunlar aynı zamanda "Lagrange noktaları" olarak da bilinir.

Dünya'ya Yakın Asteroitler

İç güneş sistemindeki fazla sayıda asteroidin yörüngesi Dünya'nın-kiyle kesişir. Bunlara Dünya'yla kesişenler denir ve yörüngelerinin, zaman zaman bizimkiyle kesişip asteroidi gezegenimize tehlikeli derecede yaklaştırması olasıdır. Bazı asteroitler Dünya'ya yaklaşıp da yörüngeleri her zaman bizimkiyle kesişmez. Bunlara Dünya'ya Yakın Asteroitler (DYA) denir. Bu yakın komşulardan en az 10.000 tanesi bulunmuştur; bunların yaklaşık 1000 kadarının çapı bir kilometreden büyüktür. Bu asteroitler teşkil ettikleri tehlike seviyesine göre birkaç gruba ayrılırlar. En büyük tehlike teşkil edenlere Tehlikeli Olabilecek Asteroit (TOA) denir ve bunlar keşfedildiklerinde son derece dikkatle izlenirler. Bu grup, Dünya'nın kütleçekimine karşı özellikle hassastır. Dünya'nın yakınından uçan bir TOA, gezegeni ıskalayabilse de bir dahaki sefere onu tekrar Dünya'ya çekecek kütleçekimsel bir kuvvet alabilir. İşte astronomlar bu yüzden TOA'ların yörüngelerini tam olarak hesaplamak için çok vakit harcamaktadırlar.

Bir Asteroidi Ziyaret Etmek

Asteroitler hem yer hem uzay teleskoplarıyla, hem de uzay araçlarıyla incelenmektedir. *Galileo* sondasının, Jüpiter'e giderken asteroit 4660 Nereus'un yanından geçişi, bir asteroide yapılmış ilk ziyaretti. Bundan sonra Satürn'e giden *Cassini* görev aracı 1997 yılında Asteroit Kuşağı boyunca uçarken çeşitli veriler aldı. Bunu takiben, *Near-Earth Asteroid Rendezvous* adlı uzay aracı, 2001 yılında 433 Eros'u ziyaret etti. *Deep Space 1* asteroit Braille'e gitti; *Stardust* asteroit AnneFrank hakkında bilgi topladı; Japon *Hayabusa* sondası 25143 Itokawa'ya gitti; Avrupa Uzay Ajansı *Rosetta* uzay aracı da Steins ve Lutetia asteroitlerine gitti.

YILDIZLAR

KADİM GÖK LAMBALARINDAN ASTROFİZİK MUCİZELERİNE

Zamanın başlangıcından beri yıldızlı geceler bizi büyülemiştir. Gezegenimizdeki ilk zeki varlıkları ve yıldızların onlar için ne anlam ifade etmiş olabileceğini bir düşünün. Gökyüzünde binlerce parlak, ışıldayan nokta görüyorlardı. Gökyüzünde herhangi bir ışık kirliliği olmadığından karşılarında nefes kesici bir manzara olsa gerek. Yukarıdaki o şeylerin ne olduğunu bilmiyorlardı fakat bu onları, yıldızlar hakkında hikâyeler uydurup bu masalları gelecek nesillere aktarmaktan alıkoymadı. Bugün, yirmi birinci yüzyılın yıldız gözlemcileri olarak biz de yıldızlı bir gökyüzü karşısında atalarımızın verdiği tepkiyi vermekteyiz: Yıldızlar bizi hayrete düşürüyor ve onları merak ediyoruz. Gece gökyüzüne baktığımızda her yaştan ve evrim aşamasından yıldızları gördüğümüzü biliyoruz; en gençten en yaşlısına kadar. Buna ek olarak yıldızlarla ilgili engin bir bilgi kaynağı elimizin hemen altında bulunuyor. Bu bilgiler, yıldız fiziği bilimini kapsıyor.

Yıldız İsimleri

İnsanlar sıklıkla, bir yıldız ismi verip veremeyeceklerini merak ediyorlar. Bazı şirketler yıldız isimleri satmaktadır ancak bunlar astronomlar tarafından kullanılmazlar. Astronomların kullandığı resmi yıldız isimleri, çok çeşitli kültürel ve bilimsel kaynaklardan gelir. Örneğin Arcturus ve Betelgeuse sırasıyla Yunanca ve Arapça kelimelerden gelir. Parlak bir yıldız olan Sirius (bu da Yunanca bir isimdir) aynı zamanda α Canis Majoris (Latince "büyük köpek") olarak da bilinir ve α CMa olarak yazılır. Bunun sebebi, Canis Major'daki en parlak takımyıldız olmasıdır. " α " Alfa'yı, yani en parlak yıldız işaret eder. Beta, ya da β , ikinci en parlak yıldızdır ve bu böyle devam eder. Sirius'a aynı zamanda, gökyüzü araştırma uydusu Hipparcos'tan dolayı HIP 32349 da denir. NGC etiketli bir şey görürseniz bu, yıldız kümeleri, bulutsular ve galaksiler gibi de-

rin-gökyüzü cisimlerinin listelendiği Yeni Genel Katalog'dan (New General Catalog) gelmektedir. Fransız astronom Charles Messier (1730–1817) de silik cisimlerin bir listesini derlemiştir. NGC 1976 olarak etiketlenmiş Orion Bulutsusu Messier 42 ya da M42'dir.

Bir Yıldızın İçine Göz Atmak

Samanyolu'nun içinde en azından birkaç yüz milyar yıldız vardır. Bunların her biri plazma –hareketlenmiş ve ısınmış gazlar– denen aşırı ısınmış maddeden, özkütleçekim gücüyle bir arada duran ışıklı bir küredir. Yıldızlar, başka elementler yapmak için çekirdeklerindeki elementleri kaynaştırırlar. Nükleer füzyon denen bu süreç, ısı ve ışık yayar. Füzyon eylemi ve yıldızın özkütleçekimi birleşerek bir yıldız, aşırı ısınmış maddelerden sabit bir küre haline getirir. Bu sürecin işleyişini öğrenmek için Güneş'le ilgili bölümde kendi yıldızımızın derinliklerine dalabilirsiniz.

Yıldızlar, yaşamlarının çoğunda hidrojeni helyuma çevirirler. Yaşlandıkça hidrojenleri biter ve bazıları helyumu karbona çevirmeye başlar; devasa yıldızlarda demire kadar bu kaynaşma işlemi devam eder. Bu yeni elementler yaratma sürecine *yıldız nükleosentezi* adı verilir. Bir yıldız öldüğünde, yarattığı maddeler uzaya dağılır ve yeni jenerasyon yıldızlara, gezegenlere ve yaşamlara dönüşür. Astronom Carl Sagan bir defasında, "Hepimiz yıldız tozu-yuz," demişti. Kanımızdaki demir, ciğerlerimize dolan oksijen, kemiklerimizdeki kalsiyum, hücrelerimizin moleküllerinde bulunan karbon, bunların hepsi uzun zaman önce yok olmuş yıldızlardan gelir. Yıldızların nasıl doğduğu hakkında daha fazla bilgi için Yıldız Doğumu bölümüne, nasıl öldüklerini öğrenmek için Yıldız Ölümü bölümüne bakınız.

Yıldız Türleri

Astronomlar yıldızları renklerine göre sınıflandırır; bu da yıldızın fotosferindeki (görünür "yüzeyi"ndeki ısıyı gösterir. Yıldız ışığını bir spektroskoptan, yani ışığı bileşen dalga boylarına ayıran cihaz-

dan geçirirler. Yıldızda var olan her bir element bu spektrumda, soğurma çizgileri denen koyu renkli düşüşler formunda ayrıştırıcı parmak izleri bırakır. Bu çizgiler, yıldızın ısısının o elementin orada var olabilmesi için uygun derecede olduğunu gösterir.

Yıldız spektrumları inanılmaz araçlardır. Bize şu bilgileri verirler:

- Yıldızın ne hızda döndüğünü
- Yıldızın hangi kimyasal elementleri içerdiğini
- Yıldızın uzaydaki hızını
- Yıldızın manyetik alanının gücünü
- Yıldızın ortalama yaşını

Spektrum sınıfları adı verilen, bir dizi standart yıldız türü mevcuttur ve çoğu yıldız bunlara gayet uygundur. Bu sınıflar O, B, A, F, G, K ve M'dir; O-türü yıldızlar en sıcak, en yoğun hiper devler, K ve M türü yıldızlar en soğuk kırmızı cüceler ve süper devlerdir. Bazı sınıflandırmalar, kahverengi cüceler (gezegen olamayacak kadar sıcak, yıldız olamayacak kadar soğuk) ya da hatta göçebe gezegenler gibi daha düşük ısılardaki cisimleri de içerir. Bunlar L, T ve Y olarak etiketlenirler ve bazılarının gezegenlerden bile daha soğuk olduğu bilinir. Türü işaret eden harflere, yıldızların diğer özelliklerini gösteren Roma rakamları ve harfler de eklenir. Bizim güneşimiz G2V-türü bir cüce yıldızdır; yani ısı bakımından ortalama bir dereceye sahiptir. Orion takımyıldızındaki parlak yıldız Betelgeuse, M2lab olarak sınıflandırılmıştır. Bu onun, M-sınıfı, orta parlaklıkta bir süper dev yıldız olduğu anlamına gelir.



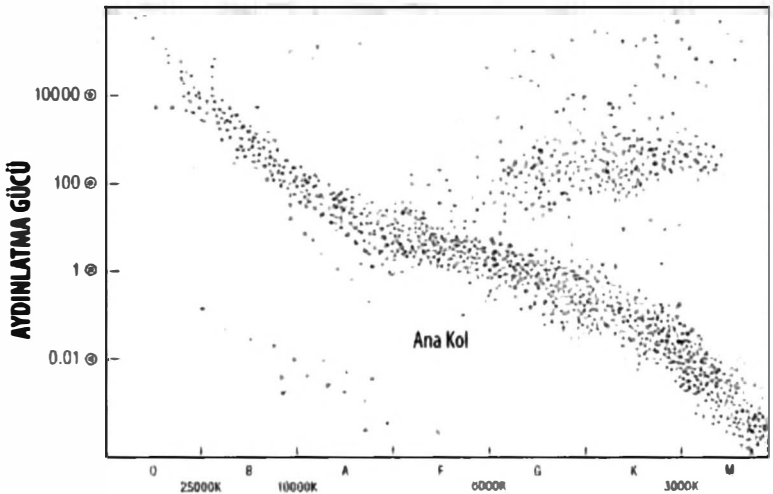
Güneş'in bu spektrumu, atmosferinde hangi elementlerin bolca bulunduğunu gösterir çünkü bu elementler ışığı emer ve düşüşlerin burada görülmesine sebep olur. Çokça hidrojen, buna ek olarak sodyum (Na), demir (Fe) ve magnezyum (Mg) olduğunu göstermektedirler.

Yıldızlar Ne Kadar Var Olurlar?

Yıldızların ömrü, milyonlarca, milyarlarca yılla ölçülebilir. Şu anda gökyüzünde gördüğümüz yıldızların çoğu 1 ila 10 milyar yaşındadır. Bir yıldız ne kadar büyükse, ömrü o kadar kısa olur. Güneş, orta büyüklükte bir yıldızdır. 4,5 milyar yıl önce oluşmuştur ve beyaz bir cüceye dönüşmeden önce aşağı yukarı 5 milyar yıl daha yaşayacaktır. Aşırı büyük bir yıldız –Güneş'in kütlesinin birkaç katı büyüklükte olan– bir süpernova olarak patlamadan önce ancak birkaç milyon yıl yaşayabilirler. Çok düşük kütleli yıldızlar, hayatta kalmaları için pek bir şey gerekmediğinden sonsuza kadar var olacaklarmış gibi görünüyor. Kırmızı cüce adı verilen yıldızlar sonunda soğuyup küle dönmeden önce milyarlarca yıl daha var olabilir. Bildiğimiz kadarıyla, evrenin başlangıcından beri henüz hiçbir kırmızı cüce ölmedi!

Bir Yıldızın Evrimi

Astronomlar, bir yıldızın zaman içinde nasıl gelişeceğini anlamalarına yardımcı olacak grafikler hazırlamaktan hoşlanırlar. Kullandıkları en ünlü grafik, Hertzsprung-Russell Diyagramı'dır. Yıldız ısının, aydınlatma gücüne orantısını gösteren bir çizimdir. Çoğu yıldız, çizimde *ana kol* olarak adlandırılan yerde, dar, dönen bir bantta yer alır ve çekirdeklerindeki hidrojeni kaynaştırdıkları sürece burada kalırlar. Bir yıldızın kütlesi, onun ana kolda ne kadar kalacağını belirler. Yıldız, hidrojen atomlarını birleştirmeyi bıraktığında rengi ve parlaklığı değişir. Sonunda da yıldız ana koldan çıkarılarak başka bir diyagrama geçer. Güneş'in kütlesinin yaklaşık dörtte birinden küçük yıldızlar evrimleşerek beyaz cücelere dönüşürler. Güneş de dahil olmak üzere daha büyük yıldızlar şişerek kırmızı devlere, sonunda da beyaz cücelere dönüşürler. En büyük yıldızlarsa kırmızı süper devler olurlar.



Hertzsprung-Russell Diyagramı, yıldızları ısılarına ve parlaklıklarına göre düzenler.

Parlak Yıldız, Aydınlık Yıldız!

Yıldızlar, bulutsular ve galaksilerin farklı parlaklık dereceleri vardır. *Kadir* kelimesi, onların ne kadar parlak göründüklerini anlatır. *Görünür kadir*, Dünya'dan görüldüğü şekliyle bir yıldızın parlaklığıdır. *Mutlak kadir*, bir cismin on parsek uzaklıktaki parlaklığını belirtir. Bütün yıldızları standart bir mesafeye koymak, bir cismin diğerlerine kıyasla gerçek parlaklığını anlamak için iyi bir yoldur. Kadir sayısı arttıkça, cisim sönükleşir. Sayı ufaldıkça (bu eksi sayıları da içerir) gökcismi parlaklaşır. *Hubble Uzay Teleskobu* ile görünen en sönük cisimler 30 kadir civarındadır. Gözlerimiz sadece 6 kadri seçebilir. Bunun ötesindeki cisimleri görebilmek için dürbün ya da teleskoba ihtiyaç duyarız. Öte yandan Güneş oldukça parlaktır ve kadri -27 olarak sıralanmıştır.

Başıboş Yıldızlar

Çoğu yıldız, çiftyıldızlar, üçlüler ve kümeler gibi çoklu yıldız sistemleri içinde yer alırlar. Güneş'imiz gibi yalnız yıldızlar büyük olasılıkla, bir kümenin içinde oluşmuş fakat doğumlarından sonra etrafa saçılmışlardır. Bu gruplamaların en büyüğü açık yıldız kümeleridir; bunlar birkaç bin yıldız içinde barındırır. Diğerleri de, yüz binlerce yıldız topluluğundan oluşan yuvarlak biçimli küresel yıldız kümeleridir. Bireysel yıldızlar ve yıldız kümeleri galaksilerin –yüz milyarlarca yıldız topluluğu– içinde yer alırlar. Bu galaksileri kozmostaki yıldız şehirleri olarak düşünebiliriz.

YILDIZ KÜMELERİ

Yıldız Yığınları

Samanyolu'ndaki pek çok yıldız, en azından yaşamlarının bir kısmını kümelerin içinde geçirirler. Açık ve küresel olmak üzere iki küme türü vardır. Açık kümeler genellikle düzensiz bir şekilde toplanmış, yaklaşık bin kadar yıldızla sahiptir. Bunlar sıklıkla, oluştukları galaksi düzleminde bulunurlar. Bu kümelerdeki çoğu yıldız 10 milyar yaşından daha gençtir; bazıları hâlâ doğum bulutlarından kalanların içine gömülü haldedir. Güneş'imiz, 4,5 milyar yıl önce oluşmuş açık bir kümede ortaya çıktı. O zamandan sonra yıldız kardeşlerinden uzaklaştı ve artık galaksiyi tek başına dolaşıyor.

Küresel yıldız kümeleri, yüz binlerce yaşlı yıldızdan oluşan topluluklardır. Bütün o yıldızların kütleçekim etkisi kümeyi o küresel, yuvarlak biçimde bir araya toplar. Küresel kümeler, galaksinin hale adı verilen merkez bölgesinde toplaşır. Samanyolu'nda bu birbirine bitişik kümelerden yaklaşık 160 tane vardır fakat diğer galaksilerde bundan çok daha fazlasayıda küme bulunur.

Yıldız kümeleri, bütün yıldızları hemen hemen aynı zamanda oluştukları ve benzer karakteristiklere sahip oldukları için bilimsel açıdan ilgi çekicidirler. Örneğin, içinde oluştukları bulut belirli elementler açısından zenginse, o zaman yıldızlar da o maddeleri yüksek miktarlarda içerirler. Bulut, metal yoksunuysa (fazla hidrojensahip ve helyuma sahip ancak diğer elementlere sahip değilse) o zaman yıldızlar da bu metalliği yansıtır.

Benzerlikleri sayesinde yıldız kümeleri, yıldız evrimini (yıldızların nasıl yaşlanıp öldüklerini) incelemek için gayet iyi hedeflerdir. Çok genç yıldız kümeleri oluştukları gaz ve toz bulutunun kalınlıklarıyla etkileşime geçerler. Açık kümeler genellikle, Samanyolu gibi sarmal galaksilerde ve galaksimizin en yakın iki komşusu olan Büyük ve Küçük Macellan Bulutları gibi düzensiz türdeki galaksilerde bulunurlar. Küresel kümeler, hale etrafında gezinirler ve büyük olasılıkla galaksiyle yaklaşık olarak aynı zamanda oluşmuş-

lardır. Astronomlar, bütün küme çeşitlerinin galaksimizde nasıl biçimlendiğini kavradıklarında bu sürecin diğer galaksilerde de nasıl işlediği hakkında bilgi sahibi olurlar.

Küme Oluşumu

Bütün yıldızlar gibi küme oluşumu da genellikle moleküler bulut denen devasa bir gaz ve toz bulutu içinde başlar. Açık kümeler, Samanyolu düzlemindeki moleküler bulutlar içinde doğmuştur. Küresel kümelerin oluşumu galaksimizin tarihi kadar eski bir dönemde gerçekleşmiştir ve bu süreç hâlâ yoğun bir şekilde araştırılmaktadır.

Güneş'in Kardeşleri

Eğer Güneş de bir kümenin içinde doğduysa o halde onun anao-kulu arkadaşlarına ne oldu? Bunun yanıtını kimse tam olarak bilemiyor ancak insanlar onları aramaya devam ediyor. Astronomlar, Güneş'in doğduğu kümedeki yıldızları tespit etmek için yakındaki yıldızlardan gelen ışığın spektrumunu incelemektedir. Bu sonuçları, Güneş'in spektrumuyla karşılaştırırlar. Spektrumda belirli elementlerin varlığını gösteren benzer çizgiler tespit ederlerse ve yıldızlar galaksi içinde Güneş'le kabaca aynı yönde hareket ediyorsa o zaman bunlar birbirleriyle alakalı yıldızlar olabilir. Dünya'nın 325 ışık yılı uzağında Güneş'in muhtemel iki kardeşi vardır ve daha fazla da olabilir.

Bir yıldız kümesi, bazı olaylar doğum bulutundaki hareketi ve türbülansı tetiklediğinde oluşmaya başlar. Açık bir küme için bu, bir süpernova patlaması ya da civardaki yaşlı bir yıldızdan saçılan maddelerin getirdiği hızla esen rüzgâr olabilir. Küresel küme için ise bir çarpışma böylesi bir tetikleyici görevi görebilir. Ne sebeple olursa olsun bu olay, doğum bulutu boyunca hızla hareket eden maddeler ve çok dalgaları göndererek yıldız doğumu sürecini başlatır.

Oluşum tamamlandığında küme gelişmeye devam eder. Bunlar kütleçekimiyle birbirilerine sıkıca bağlı değillerse yaklaşık 100 milyar yıl sonra ayrı yönlere gitmeye başlarlar. Kümenin üyeleri birbirlerinden epey uzaklaşırlar bile hepsi de uzay boyunca aynı yönde ve yaklaşık aynı süratte hareket etme eğilimi gösterir. Bazen, kümedeki etkileşimler bazı yıldızları uzaya "itekler" ve galakside son derece farklı bir yörüngeye gönderir. Zamanla bu yıldız birliktelikleri, hareket eden bir gruba dönüşür; sonra da etrafa saçılarak galaksideki daha geniş yıldız nüfusunun bir parçası haline gelir.

Bunu Biliyor muydunuz?

Küresel kümeler, evrendeki en yaşlı yıldız topluluklarıdır. Galaksinin tarihi kadar eski bir dönemde oluşmuşlardır. Yıldız yağmuru bölgelerinde (muazzam miktarlarda yıldız oluşumunun gerçekleştiği yerler), özellikle de galaksilerin birbirleriyle çarpışıp etkileşime girdikleri yerlerde pek çok küresel küme bulunur. Bizim kendi galaksimizde yaklaşık 100 tane küresel küme mevcuttur ve bu kümenin yıldızları çok yaşlı, metal açısından fakirdir; bu da onların evren hâlâ oldukça gençken oluştuklarını ve doğum bulutlarında birkaç tane ağır elementin var olduğunu gösterir.

Galaksi Oluşumları

Açık yıldız kümeleri, galaksimizin yapı taşlarıdır. Onların doğum bulutları galaksimizin sarmal kollarından çıkmıştır. Samanyolu'nun 10 milyar yılı aşkın ömrü boyunca yıldız kümeleri oluşmuş ve yıldızlarını galaksiye dağıtmıştır. Ardından, yıldızlar öldüğünde geri dönüşüme uğrayan kalıntıları, yeni yıldızlar oluşturmak için moleküler bulutların sonraki jenerasyon parçaları haline gelmiştir. Galaksi boyunca saçılmış, binden fazla açık yıldız kümesi mevcuttur. Dünya'dan görülebilen, en ünlü kümeler şunlardır:

- Ülker
- Perseus Çift Kümesi
- Arı Kovanı
- Mücevher Kutusu
- Güney Ülker

Öte yandan küresel kümeler, onları parçalayan bir reaksiyonla karşı karşıya kalana dek kütleçekimsel olarak birbirlerine bağlı kalırlar. Bu reaksiyon gerçekleştiğinde de kümenin yıldızları akıntılar halinde galaksiye saçılır. Orijinal kümede sadece ana yıldızlar kalır ve galaksinin merkezinde dönerler.

Yedi Kız Kardeş

Ülker (Pleiades) astronomi standartlarınca epey genç yıldızlara sahip, 100 milyon yıl önce oluşmuş bir yıldız kümesidir. Binden fazla yıldız kapsar ve bunların çoğu kırk üç ışık yılı uzaklıktaki bir alanda kümelenmişlerdir. Dünya'dan çıplak gözle yedi parlak yıldız görebiliriz. Teleskopla bakınca bunların etrafında, kümenin içinden geçmekte olduğu, mavimsi bir gaz ve toz bulutuyla çevrili olduğunu görebilirsiniz. Kümedeki yıldızlar, Orion'un (Avcı takımyıldızı) ayağının yakınındaki bir bölgeye doğru galaksi boyunca hareket ederken, kütleçekiminin etkisiyle yaklaşık 250 milyon yıl daha bir arada kalacaklar. Hareket ettikçe birbirlerinden uzaklaşmaya başlayacaklar.

YILDIZ DOĞUMU

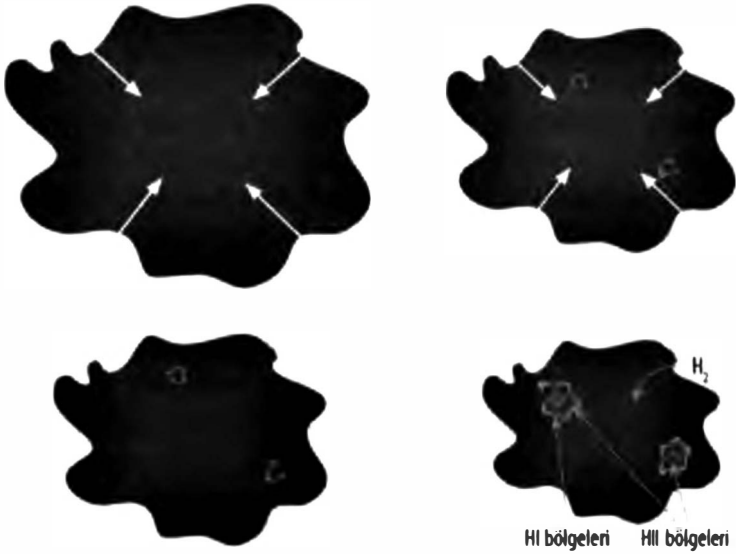
Yıldız Doğumunun Sırlarını Aydınlatmak

Fizikçi Heinz R. Pagels'in (1939–1988) 1985 yılında yazdığı gibi, yıldız doğumu "örtülü ve gizli bir olaydır." Bugün artık yıldız oluşumunun, bir zamanlar saptamamızın imkânsız olduğu yıldız yuvasının içindeki yıldızlararası gaz ve toz bulutlarının derinliklerinde gerçekleştiğini gayet iyi biliyoruz. Ancak süreç tamamlandıktan sonra yeni doğmuş yıldızdan ışık sızabilir ve evrene yeni bir yıldızın doğduğunu duyurur. Bu, kozmostaki her galakside gerçekleşen bir süreçtir; 13,8 milyar yıl önce evren oluşuktan kısa bir süre sonra başlamıştır ve o günden beri de devam etmektedir. Kızılötesi cihazların gelişile astronomlar, bulutları dikkatle inceleyip bir zamanlar gizli olan bu süreç hakkında daha çok şey öğrenme şansını buldular.

Her Şey Karanlıkta Başlar

Yıldız doğumu, moleküler bulut denen, yıldızlararası uzayda gaz ve tozla dolu bir bölgede başlar. Bu süreç, ışığın içinden geçemeyeceği kadar yoğun bir bulut olan karanlık bir bulutsuda tetiklenmiş olabilir. Bu kalın, ağır hareket eden gaz ve toz küreciklerini rahatsız eden bir şey olur. Belki yakındaki bir süpernova, buluta şok dalgaları gönderir, belki de başka bir yıldız yakından geçer. Bu hareket bulutu döndürür ve sıkıştırır. Gaz molekülleri ve toz parçacıkları birbirine çarpar ve bu eylem de sürtünme ısısına sebep olur. Gittikçe daha çok gaz ve toz, hızla daha da irileşen bu sıcak çekirdeğe itilir. Böyle olduğunda da kütleçekimsel kuvveti içeriye daha çok maddeyi çekerek halihazırda içeride olan maddeleri sıkıştırır. Sıcaklık ve sıkışma yeterince arttığında, bu yıldız-öncesi cismin çekirdeğinde nükleer füzyon sürecinin başlaması için şartlar oluşmuş olur. Hidrojen molekülleri helyumu oluşturmak üzere birbirlerine çarpmaya başlarlar. Bu süreç, ısı ve ışık formunda enerji yayar ve işte yıldızlara gücünü veren de budur. Yıldız doğumu nükleer füzyonla birlikte başlar. Bu andan sonra yeni doğan yıldız

ısınmaya devam eder; yaşamının ilk safhasında kutup bölgelerinden gaz jetleri fışkırır. Bu durum, yıldız biçimlenirken oluşan muazzam ısının yayılmasına yardımcı olur. Yeni doğan yıldızın etrafında yeterli madde kaldıysa, bundan gezegenler de oluşabilir.



Yoğun bir gaz ve toz bulutunun bir yıldız oluşturmak üzere nasıl çarpıştığını gösteren bir şema. İçeride daha çok madde toplandıkça çekirdek ısınır. Sıcaklık ve sıkışma yeterince arttığında bir yıldız oluşur. Ardından, çevreleyen bulutun sıcaklığını artırarak parlamasına sebep olur. Zamanla yıldız doğumu yuvasını yutar ve böylece biz de onun ışığını görürüz.

Güneş'in Doğumu

4,5 milyar yıl önce, daha büyük bir moleküler bulutun parçası olan küçük bir gaz ve toz bulutu kendi içine çökmeye başladı. Bu bulutun tohumları, yaşlanıp ölen diğer yıldızlardan kalan maddelerdi. Bu elementlerin en azından bir –belki de daha fazla– süpernova patlamasından gelmiş olması mümkündür.

Yaşlanan bir yıldızdan gelen kuvvetli yıldız rüzgârları ya da bir patlamadan yayılan şok dalgaları Güneş'in doğum yerini döndürmeye ve bütünleştirmeye başlamış olabilir. Birkaç yüz bin yıl içinde bulutun çekirdeğindeki şartlar nükleer füzyon başlatmak için yeterince ısınmıştı ve böylece bir yıldız doğmuş oldu. Güneş ve onun gezegenleri tek başlarına oluşmadılar. Büyük olasılıkla, doğumlarından birkaç yüz milyon yıl sonra etrafa saçılan bir yıldız kümesinin parçalarıydılar.

Samanyolu'ndaki Yıldız Doğumu Bölgeleri

Galaksimizin pek çok yerinde yıldız doğumları meydana gelmiştir. Bunların en ünlüsü Orion Bulutsusu'dur (M42). Orion'daki (Avcı takımyıldızı) üç yıldız bandının altında belirir ve bizden 1500 ışık yılı kadar uzaktadır. Bulutsunun kalbinde genç ve sıcak bir yıldız topluluğu yatar. En parlak dördüne "Trapezium" (Yamuk Küme) ismi takılmıştır. Bu yeni doğmuş yıldızlar etraflarındaki bulutların ısınıp artırıarak onların parlamalarına sebep olur. Böyle parlayan bir buluta, ısı ve ışık yaydığından *salma bulutsusu* denir. Ayrıca pek çok yıldız doğumu bölgelerinde, *gezegen-öncesi diskler* denen toz kürecikleri mevcuttur. Bunlar, genç yıldızların etrafında bulunan, gezegenlerin oluşabileceği yerlerdir.

Patlayıcı çiftyıldız Eta Carinae'yi çevreleyen bulutsu, gezegenimizde iyi bilinen bir başka doğum bulutudur. Takma adı "Homunculus" (Lat. küçük adam) olan bulutsu, Carina takımyıldızının Güney yarımküresinde, 7500 ışık yılı kadar uzaktadır. Bulutları, sıcak ve genç yıldızların ışınlımlarıyla parlar. Bunların morötesi ışınlımları, bulutu yok edecek kadar güçlüdür; bu da yeni yıldızların oluşumu için gerekli maddelerin teminin engeller.

Pek çok galaksi, yıldız doğumu aktivitesiyle kıpırdanmaktadır. Samanyolu'nun komşu galaksisi Büyük Macellan Bulutu, 30 Doradus adında, takma adı "Tarantula Bulutsusu" olan, muhteşem bir yıldız oluşumu yuvasına sahiptir. Gözlemciler, 160.000 ışık yılı uzaklıktan bile kuluçkadan yeni çıkan sıcak ve genç yıldız küme-

lerini rahatlıkla tespit edebilmektedir. Bunlar da etraflarındaki bulutsunun ısını artırır ve geri kalan gaz ve toz bulutunu yutarken doğum bulutunu şekillendirir.

İlk Yıldızlar

Evrendeki ilk yıldızlar Büyük Patlama'da hidrojen ve helyumdan oluştu. Bunlar, evren doğduktan belki de sadece birkaç yüz milyon yıl sonra bütünleşmeye başlayan muazzam büyüklükte yıldızlardı. Başlangıç kütleleri çok büyük olduğundan, bu ilk doğan yıldızlar nükleer yakıtlarını hızla tüketip *yıldız nükleosentezi* denen bir süreçte ilk ağır elementleri yarattılar. Bu yıldızlar yaşamlarının sonuna geldiğinde, kuvvetli yıldız rüzgârları ve sonunda da muazzam süpernova patlamalarıyla bütün elementlerini uzaya saçtılar. Bugün hâlâ devam eden kozmik süreçten geçen bu ilk yıldız cisimleri, yeni yıldızların, gezegenlerin ve bizim gezegenimiz bağlamında da yaşamın kökenlerinin yaratımı için elementlerini yıldızlararası uzaya dağıttılar.

Yıldızlararası Bulutların Sırları

Yıldızların doğduğu yıldızlararası bulutlar, yıldız oluşumu için gerekli elementler açısından zengindir. Ağırıklı olarak hidrojenden oluşurlar; kalan elementler de helyum ve karbon, oksijen, nitrojen gibi daha ağır elementlerin bir karışımıdır. Peki, bu yıldızlararası bulutlar nereden gelirler? Hidrojen ve helyum (biraz da lityum) 13,8 milyar yıl önce Büyük Patlama'da yaratılmıştır. Diğer elementler yıldızların içinde oluşmuş ya da süpernova patlamalarında biçimlenmiştir. Yıldızlar öldüğünde, kütlelerinin büyük kısmı uzaya fırlatılır ve halihazırda orada bulunan hidrojen ve helyumla karışır.

Bu bulutsular, maddeleri karıştırmak için harika bir çanak görevi görebilirler. Bu bulutları derinlemesine inceleyen astronomlar, yaşamın yaratılması ve gelişmesi için gerekli "prebiyotik" molekül denen moleküller buldular. Bizim doğum bulutumuz, yaşamın öncülleri olan bileşenler ve moleküller bakımından zengin bir buluttur.

YILDIZ ÖLÜMÜ

Yıldızlar Nasıl Yaşlanır ve Ölür?

İnsan ömrü standartlarına göre yıldızlar sonsuza dek yaşıyormuş gibi görünürler. En kısa ömürlüler bile –devasa, sıcak OB yıldızları– yaklaşık bir milyon yıl kadar yaşar. Öte yandan, *beyaz cüce* denen yoğun yıldızlar, *kara cüce* denen soğuk küllere dönüşmeden önce gittikçe küçülerek onlarca milyar yıl yaşar. Yıldızlar yaşça büyürken nükleer füzyon denen bir süreçte çekirdeklerindeki elementleri kaynaştırırlar. Güneş'in şu anda yaptığı şey de budur. Güneş, yıldızların, çekirdeklerindeki hidrojeni kaynaştırdığı ana kol denen yerdedir. Hidrojen kaynaştırmayı bıraktıklarında ana koldan ayrılırlar ve işte işler de o zaman ilginç bir hal almaya başlar. Bir yıldızın yaşlanıp ölme süreci onun başlangıç kütlesiyle oldukça bağlantılıdır. Güneş gibi bir yıldızın ölümü ondan kırk kat daha büyük olan bir yıldızinkinden farklı olur.

Halka Bulutsusu

Güneş öldüğünde uzaya dağılan maddeleri, belki de Lyra'daki ünlü Halka Bulutsusu'na benzer, bir gezegenimsi bulutsu yaratacaktır. Bu cisim, 2300 ışık yılı uzaklıktadır ve *Hubble Uzay Teleskobu*'nun sıklıkla gözlemlediği bir hedeftir. Merkez yıldızın etrafındaki maddenin kabuğu helyum, oksijen ve nitrojen içerir. Diğer galaksilerde olduğu gibi Samanyolu'nda da gezegenimsi bulutsular mevcuttur.

Güneş'in Ölümü

İnsanlar sık sık Güneş öldüğünde ne olacağını sorarlar. Güneş'in sona doğru nasıl bir evrimsel yol izleyeceğine bakalım. Güneş, birkaç milyar yıl daha çekirdeğindeki hidrojeni kaynaştırmaya devam edecek. Bir noktada hidrojen bitince Güneş çekirdeğin-

deki helyumu kaynaştırıp karbon yaratacak. İşte o zaman Güneş ana koldan ayrılacak ve *asimptotik dev kol yıldızına* dönüşecektir. Güneş şişecek ve atmosferindeki karbon ona kırmızımsı bir renk verecek. Zamanla, yaşlanan kırmızı dev Güneş, yıldızlararası maddenin bir parçası haline gelmek üzere karbon zengini dış atmosferini uzaya püskürtmeye başlayacak. Bu sürece *kütle kaybı* denmektedir. Bu maddeler, Güneş'in etrafında *gezegenimsi bulutsu* denen bir gaz ve toz kabuğu oluşturacak. Bu terim, bu cisimlere teleskobuyla bakarken onları gezegen şekilli bulutsulara (gaz ve toz bulutları) benzeten William Herschel tarafından verilmiştir. Geriye sadece Güneş'in sıcak ve çıplak çekirdeği kalacak; yoğun ısı ve ışınımı gezegenimsi bulutsuyu harekete geçirerek parlamasına sebep olacak. Nihai olarak çekirdek büzüşecek ve beyaz bir cüce halini alacak.

Bunu Biliyor muydunuz?

Nova, bir beyaz cüce, bir başka ana kol yıldızı ya da kırmızı bir dev gibi daha iri bir cismin yörüngesine oturduğunda gerçekleşen nükleer bir patlamadır. Bu cisim, kütesini kademe kademe beyaz cüceye kaptırır. Cücede yeterli madde toplandığında nükleer füzyon başlar. Bu durum, sonunda sönen geçici bir parlamaya sebep olur ve sonra süreç yine en baştan başlar.

Gezegenler ve Yıldız Ölümü

Yıldız ölümü, gezegenler için güzel deneyimler değildir. Güneş kırmızı bir deve dönüştüğünde atmosferi şişerek patlayacaktır. Bu olduğunda da Merkür ve Venüs muhtemelen yok olacaktır. Dünya'dan geriye kalanlarsa Mars'ın yörüngesine savrulabilir. Mars mevcut yörüngesinin ötesine taşınacaktır ve burada kısa bir sıcaklık döneminin keyfini çıkarabilir. Dış güneş sisteminin donmuş gezegenleri zamanla ısınabilir, hatta muhtemelen yeni bir yaşam dalgasına ev sahipliği yapabilir. Beyaz cüce Güneş soğuduğunda

onun hızla büzüşen yaşanabilir bölgesinin dışında kalan gezegenler donacaktır. Zaman içinde, yaklaşık on milyarlarca yıl sonra Güneş, ılık bile vermeyen soğuk bir küle dönüşecektir.

Devasa Yıldız Felaketi

Peki ya Güneş'ten daha iri olan yıldızlar nasıl ölür? Güneş'in en azından sekiz katı büyüklüğündeki yıldızlar da çekirdeklerinde meydana gelen nükleer füzyonla ilgili aynı aşamalardan geçer. Fakat onlar karbon aşamasında durmazlar. Karbonu kaynaştırıp neona, neonu oksijene, oksijeni silikona dönüştürür ve son olarak da demir oluştururlar. O noktada füzyon reaksiyonu durur çünkü demiri kaynaştırmak bir yıldızın sağlayabileceğinden daha fazla enerji gerektirir. Bu olduğunda çekirdek, nötronlardan aşırı derecede yoğun bir topun içine çökerek nötron yıldızı haline gelir. Orijinal yıldız çok büyük olduğunda (örneğin yirmi beş güneş kütesinden daha büyük) çekirdek, bir yıldız kara deliğine dönüşmek üzere yoğunlaşmaya devam eder.

Çekirdek, değişimlerini geçirirken yıldızın kalan kısmı, en dış katmanlarının uzaya saçıldığı yerlerde kütle kaybı yaşar. Bazı yıldızların dış katmanları çekirdeğe çarpar, sonra geri seker ve bu da bir şok dalgası yaratır. Bunun sonucunda oluşan yıkıcı patlamaya *Tip II süpernova* denir. Patlayan maddeler ve şok dalgası fırlayarak yıldızın yaşamının daha önceki aşamalarında atılmış maddelerle çarpışır. Bu çarpışma, o kalıntılardaki gazları harekete geçirerek parlamalarına sebep olur. Bazen bir beyaz cüce yıldız kendi başına şiddetli bir patlama yaşar. Bunlara *Tip Ia süpernova* denir ve bunlar genellikle yıldızın yok olmasıyla sonuçlanır. Böylesi bir patlamadan gelen ışık evrendeki uzaklıkları ölçmede kullanılabilir.

1054 Süpernovası

Hem bizim galaksimize, hem de diğer galaksilere saçılmış süpernova kalıntıları mevcuttur. Bunlardan en ünlüsü olan, küçük, amatör bir teleskopla görülebilen Yengeç Bulutsusu, Boğa takımyıldızında, 6500 ışık yılı uzaklıktadır. Devasa öncül yıldızın patlamasının se-

bep olduğu ışık Dünya'dan ilk olarak 1054 yılında görülebildi; bu sebeple bulutsunun resmi olarak atanmış adı SN1054'tür. Çinli gözlemciler onu bir "misafir yıldız" olarak değerlendirmiştir ve aynı zamanda Amerika'nın güneybatısındaki Anasazi kültürü tarafından da gözlemlenip kaydedilmiş olması muhtemeldir. Yengeç Bulutsusu, merkezinde dönüp duran nötron yıldızından gelen radyo sinyallerinin titreşimlerini iletir. Bu *pulsar* (İngilizce *pulsating star* -titreşen yıldız- kelimelerinden türetilmiştir) 1968 yılında, astronomlar Yengeç'in merkezinden gelen sinyalleri fark ettiklerinde keşfedilmiştir.

KARA DELİKLER

Aşırı Kütleçekiminin Çöküşü

Herkes kara delikleri duymuştur. Hikâyeye büyük bir heyecan eklediğinden bilimkurgu edebiyatı ve filmlerinde popüler bir konudur. Gerçek yaşamdaysa kara delikler oldukça etkileyicidir. Peki, ama nedir bunlar? Kara delikler, hiçbir şeyin –ışığın bile– kendisinden kaçmasına izin vermeyen çok güçlü kütleçekimine sahip devasa ve yoğun cisimlerdir. Bu da kara delikleri görmeyi imkânsız kılar. Yine de onların etkileri ölçülebilir. Örneğin, bir kara deliğin etrafındaki aktivite onun yerel çevresinin ısınısını artırır, böylece astronomlar kızılötesi, x-ışını, radyo dalgası ve morötesine duyarlı cihazlar kullanarak bu kozmik canavarlardan birinin civarında neler olduğunu takip edebilir.



Bir kara deliğin anatomisi. Tekillik, kara deliğin sonsuz derecede yoğun merkezidir. Olay ufku, kara delik etrafındaki "dönüşü olmayan nokta"dır. Foton küresi, fotonların durmaksızın dönmek üzere kütleçekimi tarafından alıkonduğu bölgedir.

Kara Delik Türleri

Üç çeşit kara delik vardır:

- *Mini kara delikler*, evrenin ilk anlarında yaratılmışlar ve muhtemelen tamamen buharlaşmışlardır.
- *Yıldız kara delikleri*, çok büyük yıldızların ölümü sırasında oluşmuşlardır.
- *Dev kara delikler*, galaksilerin merkezinde bulunurlar.

Bir Kara Deliğin Anatomisi

Yıldız kara delikleri, aşırı derecede büyük –örneğin kütlesi Güneş'ten en az yirmi beş kat büyük– bir yıldız, süpernova patlamasıyla parçalandığında oluşur. Geride kalan çekirdek çöker ve kalanlar da *tekilliği* –uzayda, Güneş'in kütlesinin katbekat fazlasını içerebilen muazzam derecede yoğun noktayı– oluşturur. Kütle dahil olmak üzere bir kara deliğin özellikleri onun davranışlarını açıklamaya yardımcı olur. Kara deliklerde kütleyle ek olarak elektriksel yük ve çöken yıldızın kendi eksenini etrafında dönüşünden ileri gelen açısız momentum ya da dönüş miktarı da mevcuttur. Bu özellikler kara deliğin dışından ölçülebilse de, deliğin içindeki maddeleri öğrenmenin bir yolu yoktur. Kara deliğin sınırına *olay ufku* denir. Kara deliğin kütleçekimi olay ufku içerisinde öylesine güçlüdür ki herhangi bir madde ya da ışık bu bölgenin dışına çıkmaz... Kara deliğin dışındaki bir gözlemcinin olay ufkunun içerisinde olan şeyleri tespit etmesi imkânsızdır.

Eve Yakın

Samanyolu'nun merkezinde de Sagittarius A* adı verilen bir kara delik mevcuttur. Bu kara delik, bizden yaklaşık 26.000 ışık yılı uzakta, Sagittarius takımyıldızı yönündedir. Hem oldukça parlak bir radyo kaynağıdır, hem de x-ışınları yayar. Bu kara deliğin kütlesi

4 milyar güneş kütlesinden biraz fazladır. Radyo astronomlar onun toplanma diskinin boyutunu ölçmek için çalışırken, başka astronomlar da yakındaki yıldızların hareketlerinin grafiğini çıkarır.

Olay ufkuna yakın gerçekleşen olayları ve cisimleri görebiliriz. Fakat kara deliğin kütlesinin aşırı kütleçekimsel etkisi zamanı yavaşlatır ve cisimler ya da olaylar yaklaştıkça daha ağır hareket ediyor gibi görünür. Olay ufkunda zamanda donmuş gibi görünürler; ortadan yok olmaları için sonsuz bir zaman gerekir. Eğer bir kara deliğin içine doğru çekilseydiniz zaman sizin için tamamen normal akardı. Fakat bedeniniz büyük hasar alırdı. İlk önce ayaklarınız onun içine düştüyse ayaklarınız kafanıza göre daha güçlü bir şekilde çekilirdi ve uzayarak, makarnaya benzer bir cisme dönüşürdünüz. Buna *spagetti etkisi* denmektedir. Bu seyahatten kurtulmayı başarabilirseniz muhtemelen olay ufkunu ne zaman geçtiğinizi tam olarak asla bilemezsiniz. Sonunda tekilliğe ulaşırdınız; orada da atomlarınız, kara deliğe yakalanmış diğer her şeyle birlikte parçalanırdı.

Dönen bir kara deliğin etrafında *toplanma diski* denen bir şey olabilir. Kara deliğin büyümesinin yollarından biri olan bu disk, kara deliğe kademe kademe çekilen maddelerden oluşur. Bu maddeler (gaz, toz, gezegenler, yıldızlar) diskin etrafında dönüp dururken sürtünme etkisiyle ısınır. Isı etrafa yayılır ve diskin momentumu da toplanma diskine dikey olarak kara delikten dışarı doğru fışkırır. Diskteki aktivite ve fışkırmalar oldukça büyük bir enerjiye sahiptir ve elektromanyetik spektrum boyunca güçlü emisyonlar yayar.

Dev Kara Delikler

En büyük kara delikler galaksilerin merkezinde yaşar ve galaksiler gelişirken onların şekillenmesinde bir rol oynayabilirler. Bu dev kara delikler içlerinde, yüzbinlerce ya da milyonlarca güneş kütlesi büyüklüğünde madde barındırabilir. Bunlar muhtemelen kara

delik “tohumları”ndan –süperdev yıldızlar patlayıp süpernova denen olay cereyan ettiğinde oluşan yıldız kütleli kara delikler– ya da doğrudan evrenin başlangıcındaki ilksel gazlardan yaratılan orta seviyede bir kütleyle sahip kara deliklerden oluşmuştur. Dev kara delikler, maddeleri toplamaya devam ederek zaman geçtikçe daha yoğunlaşmıştır. Bir galaksinin merkezinde yer alan böyle bir kara deliğin pek çok maddeye erişimi olabildiğinden muazzam derecede büyüyebilir.

Bu dev kara deliklerin oluşumu hakkında birkaç teori vardır. Yoğun yıldız kümelerinin çöküşüyle oluşmuş olabilirler. Merkezdeki kara deliklerin galaksi çarpışmaları sırasında birbirine karışması da mümkündür. Astronomlar galaksilerde gittikçe daha çok kara delik bulmalarına rağmen bu tuhaf, kozmik yaratıklar büyüleyici ve cezbedici bir çalışma alanı olarak kalmaya devam etmektedir.

Kara Delikler, Uzay-Zaman Sürüklenmesi ve Kütleçekimsel Mercçeklenme

Albert Einstein (1879–1955) Görelilik Kuramı’nda devasa cisimlerin kütleçekiminin uzay-zamanı etkileyebildiğini açıkladı. Çok büyük bir cisim dönerken çevresindeki uzayı “sürükler” ve “eğer”. Uzayın eğilmesi cisimlerin (ve ışığın) uzayı eğen kütleyle doğru düşmesine sebep olur. Bunun nasıl işlediğini anlamak için bir trampolende durduğunuzu hayal edin. Ağırlığınız trampolene tahtasını aşağı doğru eğerek deforme eder ve size atılan bir top ayaklarınıza doğru yuvarlanırdı. Bir kara delik uzay-zamanı deforme eder; uzak bir cisimden gelen ışık da dahil olmak üzere her şey yolundan hafifçe saptırılır. Görüntülenen geometriye bağlı olarak arka plandaki galakside bozulmuş bir görüntü görebiliriz. Bu sürece de kara delik kütleçekimsel mercçeklenmesi denir.

GALAKSİLER

Yıldız Şehirleri

Galaksiler, kütleçekimiyle birbirine bağlı yıldızlar, gaz, toz ve karanlık maddeden oluşan çok büyük topluluklardır. Tıpkı kar taneleri gibi, tıpatıp birbirine benzeyen iki galaksi de yoktur. Bunlar basık küreler ve muhteşem sarmallardan, düzensiz yıldız, gaz ve toz topluluklarına dek çeşitlilik gösterir. Bu şekiller –astrofizikçiler galaksi buna morfolojileri der– devasa yıldız şehirlerinin yaşam biçimleri ve evrimsel tarihi hakkında ipuçları sağlar.

Galaksi Envanteri

Bütün galaksilerde yıldızlar vardır. Bu yıldızların çoğu çiftliler, üçlüler ve kümeler gibi çoklu yıldız sistemlerindedir. Sarmal galaksilerdeki pek çok yıldız, merkezi galaksi çekirdeğinden uzanan parlak kollarda sıralanmıştır. Yıldız oluşumunun büyük kısmının gerçekleştiği yerler olan bu kollara gaz ve toz bulutları saçılmıştır. Astronomlar (bir çubuklu sarmal galaksi olan) Samanyolu'nda gezegen sistemli pek çok yıldız bulduklarından diğer galaksilerdeki çoğu yıldızın da gezegenleri olduğunu düşünmek makul bir varsayımdır.

Bir galaksinin yıldızları ölünce geride galaksideki yıldızlararası uzaya saçılan gaz ve toz bulutları bırakırlar. Aynı zamanda nötron yıldızları, beyaz cüceler ve pulsarlar da yaratırlar (bunlar yıldızların ömrünün son aşamalarıdır ve aynı zamanda çok tuhaf olaylardır). Gaz ve toz bulutları yıldızlararası maddedeki diğer gazlarla karışır; sonunda da bu bulutsular yeni jenerasyon yıldızların doğum yerleri haline gelirler.

Pek çok galaksinin merkezinde dev kara delikler mevcuttur. Galaksi çekirdeklerindeki kara deliklerin etrafında dönüp duran devasa disklerin içine madde toplanması bazen galaksilerarası uzaya maddelerin jetler halinde fıskırmasına sebep olur. Bir galaksinin çekirdeğinde, elektromanyetik spektrum boyunca emisyon gönderen bir aktivite varsa bu alana *galaksi çekirdeği* denir. Bu

cisimlerin hepsi jetlere sahip olmasa da her biri merkez bölgelerinde, ışığı elektromanyetik spektrum boyunca yayan bir aktivite gösterir.

Nihayet, son yıllarda araştırmacılar galaksilerin, karanlık madde denen bir cisim formundaki gizli bir kütleye sahip olduğunu keşfettiler. Bu maddenin ne olduğu gizemini korusa da var olduğu kesin; ayrıca galaksiler üzerindeki kütleçekimsel etkisi de tespit edilip ölçülebilmektedir.

Galaksileri Gözleme

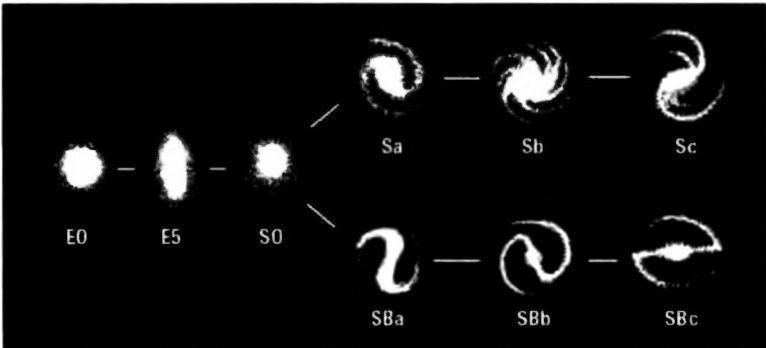
Galaksiler hakkında bilgi edinmek için iki yol vardır: İlki kendi galaksimiz olan Samanyolu'nu (elbette içini) gözlemlemek, ikincisi de uzak galaksileri incelemektir. Dünya'dan çıplak gözle görülebilen (bizimkinin dışında) sadece üç galaksi vardır. Bunlar Andromeda Galaksisi ile Samanyolu'nun iki uydu galaksisi olan Büyük ve Küçük Macellan Bulutları'dır. Bunlar ilk uygarlıklardan beri incelenirse de astronomların galaksilerin tam yerlerini tespit etmeleri yirminci yüzyılı bulmuştur. Tüm diğer galaksiler teleskopla görülebilir. En uzaktaki galaksileri tespit etmek için görüntüleri büyütme yeteneği çok gelişmiş özel cihazlar gerekir.

Galaksiler sıklıkla "derin gökyüzü" cisimleri olarak anılan, göksel cisim grubunun bir parçasıdır. "Derin" en basit haliyle "daha uzak" anlamına gelmektedir ancak doğası itibarıyla sönük ve gözlemlenmesi zor gökcisimleri anlamına da gelebilir. En büyük foton sayısını toplamak adına teleskopları ve görüntüleme cihazlarını böylesi cisimlere uzunca süreler boyunca yöneltmek gereklidir. Böyle görüntülere *derin alanlar* ya da *derin gökyüzü araştırmaları* denir. Astronomlar ne kadar uzun süre bakarlarsa bu cisimlerden o kadar çok bulurlar. Pek çok galaksi çalışması bu araştırmalarda gerçekleşmiştir; *Hubble Uzay Teleskobu*'nu kullanarak yapılan en son araştırmalarda çok uzaktaki ilk galaksiler bulunmuştur.

Galaksi incelemeleri, astronomi araştırması tarihinde yeni bir gelişmedir. On sekizinci yüzyılda, Charles Messier (1730–1817) ve daha sonra William Herschel gibi gözlemciler teleskopları aracılı-

ğıyla sönük, tuhaf şekilli bulutsular bulmaya başladılar. İnsanların bu "sarmal bulutsular"dan gelen ışığı spektroskopla (ışığı, elektromanyetik spektrum adı verilen gökkuşağı renklerine bölen cihazlar) ciddi bir biçimde incelemeye başlaması yirminci yüzyılın başlarını buldu. Veriler, bu cisimlerin oldukça hızlı hareket ettiğini ve Samanyolu'nun epey dışında olabileceğini gösteriyordu. O zamana kadar, gökyüzündeki her şeyin Samanyolu'na bir şekilde kütleçekimsel olarak bağlı olduğu varsayıldığından bu sonuç kafa karıştırıcıydı.

Bütün bunlar 1920'lerde, Edwin Hubble (1889–1953) Andromeda Galaksisi'ne 100 inçlik Mount Wilson teleskobuyla bakınca değişti. Sefe değişkenleri denen yıldızlardan gelen ışığı ölçünce hesaplamaları, Andromeda'nın Samanyolu'nun epey dışına doğru uzandığını doğrulamış oldu. Bu hesaplar, evreni tahmin edilenden daha büyük ve daha karmaşık kılıyordu. Edwin Hubble 1926 yılında galaksileri şekillerine göre sınıflandırmak için bir düzen buldu; günümüzde de galaksiler bu şema baz alınarak düzenlenmektedir. Hubble'ın bu çalışmasına gayri resmi olarak "Hubble (Çatal) Düzeni" denir.



Meşhur Hubble "çatal"ı galaksilerin şekillerine (morfolojilerine) göre temel sınıflandırılmalarını gösterir.

Galaksilerin Şekilleri

Galaksiler birkaç temel şekle sahiptir; astronomlar da onları sınıflandırmak için bu şekilleri kullanır. Bilinen büyük galaksilerin en azından üçte ikisi Samanyolu gibi *sarmal galaksiler*dir; bu da onları en yaygın tür yapar. *Eliptik galaksiler* ikinci en yaygın türdür. Küresel şekilli bu galaksilerin sarmal kolları yok gibi görünmektedir. Son olarak da *düzensiz galaksiler* –Büyük ve Küçük Macellan Bulutları gibi biçimsiz yıldız, gaz ve toz kütleleri– vardır. Evrendeki en küçük galaksiler eliptik cüce ve düzensiz cüce galaksileridir.

Galaksi Ağları

Galaksiler, gruplar ve kümelerden, süper kümelere kadar değişen topluluklar halinde var olurlar. Aslında bütün galaksiler birbirlerine kütleçekimsel olarak bağlıdır. Örneğin Samanyolu, Yerel Grup adı verilen, yaklaşık kırk dört galaksiden oluşan bir toplulukta yer alır. Kabaca, on milyon ışık yıllık mesafeye yayılan topluluk Andromeda ve Macellan Bulutlarını da kapsar. Yerel Grup da yaklaşık 100 tane galaksi grubundan oluşan daha geniş bir topluluk ile Başak Süper Kümesi'nin bir parçasıdır. Bu yerel süper küme, 110 milyon ışık yılı kadar bir alanı kaplar ve pek çok süper kümeden meydana gelen bir ağın parçasıdır. Bütün galaksiler, onların kümeleri ve süper kümeler birleşerek *evrenin büyük ölçekli yapısını* oluştururlar.

Kaç Tane Galaksi Vardır?

Gruplar, kümeler ve süper kümeler halinde sınıflanan galaksiler, gözlemleyebildiğimiz evreni tamamıyla doldururlar. Yaklaşık olarak en azından 180-200 milyar (belki de bir trilyon kadar) galaksi olduğu tahmin edilmektedir!

GALAKSİ OLUŞUMU

Büyük Patlama'dan Günümüze

Galaksiler nasıl ortaya çıktılar? Ne zamandan beri varlar? Bu sorular, astronomların Büyük Patlama'dan hemen sonra doğan en uzaktaki "bebek" galaksileri gözlemleyerek daha yeni cevaplama-ya başladıkları sorulardır. Ayrıca Samanyolu'nu ve onun devam eden evrimini de incelemektedirler. Görünüşe bakılırsa galaksiler yolculuklarına, bugün gördüğümüz haliyle, yani muhteşem ve büyüleyici gökcisimleri olarak başlamamışlardır. Milyarlarca yıldan uzun süren sistematik birleşmeler ve çarpışmalar sonucu gelişmişlerdir.

Galaksiler evrendeki en eski yapılardan bazılarıdır. Çoğu yolculuğuna Samanyolu gibi, Büyük Patlama adlı verilen olayla evrenin ortaya çıkmasından kısa bir süre sonra, yani evrenin ilkçağlarında kozmik tohumlar olarak başlamıştır. 13,8 milyar yıl önce meydana gelmiş Büyük Patlama eş zamanlı olarak hem evrenimizin yaratılışı, hem de günümüzde hâlâ devam eden uzay ve zamanın genişlemesinin başlangıcıdır. İlk birkaç yüz milyon yıl boyunca maddeler sıcak ve mattı; evren ilksel atomik parçacıklardan oluşan yoğun bir sisle doluydu. Zamanla, bu yeni oluşmuş kozmos genişleyerek soğumaya başladı. Bu temel sisin yoğunluğundaki minik dalgalanmalar, karanlık maddenin kütleçekimsel etkisinin de yardımıyla galaksilerin tohumları haline geldiler.

Büyük Patlama'dan yaklaşık 400 milyon yıl sonra ilk yıldızlar, yıldız ışığıyla aydınlanmış madde parçalarından ibaret olmanın ötesine daha yeni geçebilmiş bebek galaksilerde parlamaya başladı. Bu ilkel galaksi parçaları zamanla bir araya gelip birbirleriyle çarpışarak daha büyük yıldız toplulukları oluşturdular. Bu çarpışma sonucunda art arda yıldız jenerasyonları doğdu, yaşadı ve öldü. En azından 11-12 milyar yıl önce oluşmaya başlamış Samanyolu için de aynı şey geçerliydi. İlk doğan yıldızlar zamanla öldüler ve geri dönüşüme uğrayarak yeni jenerasyon yıldızları oluşturan madde-

ler, galaksi çevresinde tohum halini aldılar. Galaksimizin ilk yıldız nüfusunun bazı kalıntıları, galaksinin gazlı halesinde ağır ağır soğuyan beyaz cüceler olarak hâlâ varlıklarını sürdürmektedir. Bununla birlikte galaksimiz kadar yaşlı, başka yıldızlar da vardır; bunlar büyük olasılıkla, galaksinin halesinde dönüp dolaştığını gördüğümüz küresel kümelerde oluşmuşlardır.

Bugün Samanyolu hâlâ, çok yakınında dolanan komşularının parçalarını kullanmaktadır. Yay Cüce adındaki küçük, eliptik galaksi, dönerken yavaş yavaş galaksimize yaklaşmaktadır. Yanımızdan geçerken ardında metal fakiri yıldız akıntıları bırakır. Bu, onların evrenin başlangıcında oluştukları anlamına gelir ve içeriğindeki metal, onların Yay Cüce'nin bir parçası olduklarını belirler. Bu eski galaksinin ve Samanyolu'nun yakınındaki yıldızlarının keşfi, astronomların, çarpışmaların Samanyolu'nu nasıl şekillendirdiğini anlamaları için gerekli en önemli kanıtlardan birini sunmuştur.

Işık Diskleri

Samanyolu bir disk galaksidir. Büyük bir hızla döner ve yıldızlarının, gazının ve tozunun çoğu çökerek düz bir diske dönüşmüştür. Galaksilerin çarpışmasında bu disk oldukça kolay bir biçimde parçalara ayrılabilir. İşte bu sebeple bazı sarmal galaksilerin diskleri eğrilmiştir. Diğer galaksilerle yakın temaslar, sarmal diskin şeklini bozan kütleçekimsel müdahalelere sebep olur.

Kütleçekiminin amansız gücü, Büyük ve Küçük Macellan Bulutlarını da birkaç milyar yıl içinde galaksimize getirebilir. Görünüşe göre, bu iki komşu galaksi halihazırda birbirleriyle etkileşim içindedirler. Macellan Akışı denen ve bu bulutları birbirine bağlayan yüksek hızlı gazlardan oluşan bu akıntı, 2 milyar yıldan daha uzun zaman önce ikili arasındaki çok büyük yıldız oluşumu patlamalarını tetikleyen yakınlaşmanın kalıntıları olabilir. Böyle yıldız patlamaları, galaksi çarpışmalarının önemli sonuçlarıdır. Örneğin,

Samanyolu ve Andromeda (en yakın sarmal komşumuz) galaksilerin daha da karmaşıklaşan birleşmeleri ve yakın geçişleri sonucu gelişmişlerdir; bu tür olayların tamamlanması milyonlarca yıl alır. Söz konusu galaksiler, tam bir birleşme halinde doğrudan çarpışırlarsa yıldızları birbirine karışır ancak çarpışmazlar. Macellan Bulutları'yla son zamanda gerçekleşen karşılaşmada olduğu gibi yakın karşılaşmalar aynı zamanda gaz ve toz bulutlarına şok dalgaları da gönderirler ve bu, muazzam patlamalara yol açarak yıldız doğumu aktivitelerini başlatır. Yani galaksiler gelişip birleştikçe, yıldız nüfusları da süregiden yıldız oluşumu seanslarıyla zenginleşir.

Galaksilerin evrimi hâlâ devam eden bir süreçtir. Örneğin, Samanyolu ve Andromeda ortak bir kütleçekimiyle birbirine bağlıdır. Saniyede 110 kilometre hızla birbirlerine yaklaşmaktadırlar. Yaklaşık 5 milyar yıl içinde tam anlamıyla birbirlerinin içinden geçecekler. Yıldızları birbirine karışacak, daha da önemlisi, birbirlerindeki gaz ve tozun bir kısmını, yıldız-oluşumu sağlayan, galaksilerarası uzun ışık huzmeleri halinde çekecekler. Birkaç milyar yıl kadar sonra ikili zarif bir kozmik dans gösterisi yaparak birkaç defa birbirlerinin içinden geçtikten sonra dev eliptik bir galaksiye dönüşecek.

Eliptik Galaksiler

Eliptikler, evrimin en gelişmiş noktasındaki galaksilerdir. Rastgele yörüngelerde hareket eden en geniş, en ağır yıldız topluluklarıdır. Bu galaksiler, doğrudan daha küçük galaksilerin şiddetli çarpışmalarından oluşurlar ve sarmal kolların bunların içinde olması mümkün değildir. Dahası, bütün eliptiklerin merkezinde kara delikler vardır; bunlardan bazıları galaksilerarası uzaya maddeler püskürtürler. Örneğin eliptik galaksi M87'nin, 6 milyarlık güneş kütlesine sahip merkezi kara deliğinin etrafındaki bölgeden yayılan aşırı ısınmış maddelerden oluşan yüksek hızlı jetleri mevcuttur.

Galaksiler Birbirlerini Nasıl Etkiler?

Galaksiler, uzayda seyahat ederlerken çeşitli şekillerde etkileşime girebilirler:

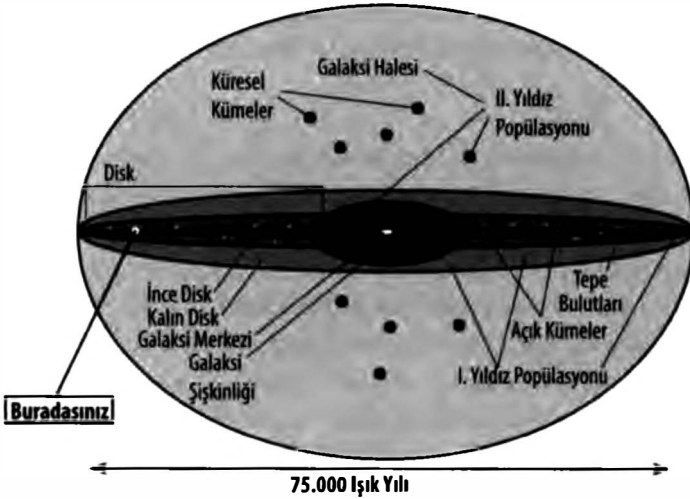
- 1. GALAKSİ ÇARPIŞMASI:** İki ya da daha fazla galaksi, bir ya da daha çok kez doğrudan çarpıştıklarında meydana gelir.
 - 2. GALAKTİK KANİBALİZM:** Bir galaksi diğeriyle birleşip eliptik ya da düzensiz bir galaksi yarattığında meydana gelir.
 - 3. ETKİLEŞİMLER:** Bu genellikle büyük bir galaksiyle onun daha küçük uyduları (bunlar cüce galaksiler de de olabilirler) arasında meydana gelir.
-

SAMANYOLU

Yuva Galaksimiz

Eğer iyi ve karanlık bir gözlem yerinde bulundysanız Samanyolu'nu görmüş olabilirsiniz. Neredeyse bir buluta benzer ve bir bakıma öyledir de. Bu yıldız bulutu, galaksimizin içeriden görünüşüdür. Bir şekilde galaksimizin dışına çıkıp Samanyolu'na doğru baksanız, merkez boyunca uzayan bir ışık çubuğuna sahip parlak bir çekirdeğin etrafında dolanan sarmal kollarıyla, devasa bir ışık diskinde benzediğini görürdünüz. Galaksimiz yaklaşık 11 milyar yıldır buralardadır; daha küçük yıldız yığınlarından oluşmuş, bugün içinde yaşadığımız bu muazzam büyüklükteki yıldız şehrine dönüşmüştür.

SAMANYOLU'NUN ANATOMİSİ



Samanyolu Galaksisi'nin anatomisi. Galaksi düzleminde, çekirdekten 26.000 ışık yılı uzakta yaşıyoruz.

SAMANYOLU HAKKINDA ÖNEMLİ BİLGİLER

1. Galaksimizde 400 milyardan fazla yıldız vardır.
2. Samanyolu yaklaşık 120.000 ışık yılı enindedir.
3. Galaksimiz kendi eksenini etrafında döner ve her bir dönüşünü 220 milyon yılda tamamlar.

Galaksi Turu

Samanyolu'nun merkez bölgesi yıldızlarla ve Sagittarius A* adındaki kara delikle yoğun biçimde doludur. Gaz ve toz bulutlarıyla gizlenmiş olduğu için galaksimizin çekirdeğini göremezsiniz ancak burası oldukça kalabalık bir yerdir. Çekirdeğin iç kısmında galaksideki en eski yıldızlardan bazıları bulunur; bunlar yaklaşık 10.000 ışık yılı çapındaki, küreyi andıran bir alanın içine dolmuşlardır. Çekirdekten dışarı uzanan, gaz ve yıldızlardan oluşan bir çubuk, galaksinin, Kalkan-Güneyhaçı Kolu ve Kahraman Kolu adındaki iki ana sarmal koluna bağlanır. Merkezden uzanan daha küçük kollar şunlardır:

- Yay Kolu
- Yakın 3 Kiloparsek Kolu
- Uzak 3 Kiloparsek Kolu
- Dış Kol

Güneş, merkezden 26.000 ışık yılı uzaklıkta, Orion Kolu denen bir "alt kol"da bulunur. Sarmal kollar, galaksinin yassı düzlemi olan galaksi diskini biçimlendirir. Bu disk ağırlıklı olarak, süregiden yıldız oluşumu alanları olan gaz ve toz bulutlarıyla yıldızlardan oluşmuştur.

Galaksi Grubunun Bir Üyesi

Samanyolu, Yerel Grup adı verilen, elli beş galaksiden oluşan grubun bir parçası olarak evrende seyahat eder. Diğer üyeler arasında Büyük ve Küçük Macellan Bulutları ile Andromeda Galaksisi yer alır.

Diski, yaklaşık 200.000 ışık yılı çapında bir uzay alanını kapsayan, galaksi halesi çevreler. Bu, birbirlerine kütleçekimsel olarak bağlı yaşlı yıldız toplulukları olan pek çok küresel kümeyi içerir. Galaksinin çekirdeğinde dönen küresel kümelerin galaksiyle yaklaşık aynı zamanda oluştukları düşünülür. Görünen halenin ötesinde, karanlık madde denen bilinmeyen bir madde küre biçiminde yoğunlaşmış olarak bulunur. Galaksimizle ilgili x-ışını verileri kullanılarak yapılan son çalışmalar, galaksinin, oldukça sıcak gazlardan oluşan bir balonun içine gömülü olarak evreni dolaştığını göstermiştir.

Samanyolu Galaksisi'nin Oluşumu

Galaksilerin oluşum tarihi, astronomların daha yeni anlamaya başladığı bir şeydir. Hikâye şöyledir: Büyük Patlama'dan birkaç yüz bin yıl sonra evren, bazı yerlerde daha yoğun olan, dağılmış bir madde kütlesiydi. Bu "aşırı yoğun" alanların içinde oluşmaya başlayan ilk yıldızlar bizim galaksimizin ve onun çekirdeğinde toplaşmış küresel kümelerin tohumları oldu. Milyarlarca yıl sonra, yıldız ve diğer maddelerle ciddi bir kütleye sahip olan, yuvarlak biçimli genç Samanyolu dönmeye başladı. Bu hareket onun, bugün bildiğimiz disk şekline çökmesine sebep oldu.

İnsanoğlu ve Samanyolu

Dünyadaki değişik kültürlerde Samanyolu'nun Dünya'dan görüldüğü kısmına oldukça şiirsel bazı isimler verilmiştir. Latince *Via Lactea* denen galaksinin İspanyolcadaki adı da buna benzemektedir: *Via Láctea*. Bu ışık bandının Korece adı "Gümüş Nehir"dir. Güney Amerika'da kadim İnka gözlemcileri Samanyolu'nu lama, akbaba ve onların bildiği diğer hayvanlardan oluşan takımyıldızları arasından akıp geçen Göksel Bir Nehir olarak görmüşlerdir. Avusturalya'daki Aborjinler onun, yeraltına uzanan bir nehir olduğuna inanmışlardır. Bugün ise Samanyolu, insanların incelemesi için sayısız yıldız, bolca yıldız kümesi, bulutsular ve diğer cisimler sunan, gözlemlenecek muhteşem bir gökyüzü parçası olarak bilinmektedir.

Samanyolu, galaksi birleşmeleriyle büyümeye devam etti. Zaman içinde bu çarpışmalar sarmal kolların gelişmesine yardımcı oldu. Aslında galaksimiz, küresel cüce galaksilerle birleşmesinden gelen yıldızları hâlâ özümsemekte ve iki uydu galaksi olan Büyük ve Küçük Macellan Bulutlarından çeşitli maddeler çekmektedir. Süreç henüz tamamlanmamıştır. Samanyolu uzayda, saniyede tahmini 630 kilometre süratle hareket etmekte ve yakınındaki Andromeda Galaksisi ile birleşmeye doğru gitmektedir. Bu, yaklaşık 4-5 milyar yıl içinde gerçekleşecek ve en sonunda iki galaksinin yıldızları, gazı, tozu ve muhtemelen merkezlerindeki kara delikleri birleşecek. Bu süreç, birleşmiş cismin şeklini kökünden değiştirecek büyük yıldız oluşumu patlamalarını tetikleyecek ve en sonunda Yerel Grup'taki diğer galaksilerle birleşecek olan Milkromeda Galaksisi adındaki dev eliptiği yaratacak.

Peki Neden Bir Çubuk?

Galaksimizin kalbinde, bazı gaz ve tozların yanı sıra yıldızlardan bir çubuk yer alır ve bunun nasıl oluştuğu, ne işe yaradığı büyük merak konusudur. Bu çubuk, astronomlar galaksimizin merkezi yakınlarında hareket eden yıldızlardan gelen ışığı incelediklerinde keşfedilmiştir. Çubuğun bir ucunun neredeyse doğrudan güneş sistemini işaret ettiğini görmüşlerdir. Galaksi bir çark gibi dönerken, çubuk bir silindir gibi hareket eder. Galaksinin merkezi etrafında uzun, kavisli yörüngeleri olan yüzlerce yıldız vardır; çubuğun da çekirdeğe yakın yıldızları karıştırarak hareketlendiren ve muhtemelen diskin dışındakileri de etkileyen dev bir mikser gibi hareket ettiği görülmektedir.

AKTİF GALAKSİLER VE KUASARLAR

Galaksi Canavarları

Uzak evrende varlıklarını, elektromanyetik spektrum boyunca çok büyük emisyon patlamalarıyla megaparseklerce adeta bağırarak gösteren galaksiler mevcuttur. Bunlar, astronomideki en aydınlık cisimlerden bazılarıdır. Merkezlerinde bulunan bir şey, yaydıkları ışı-nımı Dünya'dan tespit etmemize sebep olmaktadır. Bu şey ne olabilir? Buna yanıt bulmak için, bu muazzam büyüklükteki galaksilerin çok genç oldukları zamana geri dönelim. Çekirdeklerindeki yıldızlar oldukça sıkışık durumdaydı ve kütleçekimsel etkileşimler şiddetli yıldız çarpışmalarına sebep oldu. Her bir galaksi çekirdeğinde bir kara delik oluştu ve hem yıldızları, hem de muhtemelen diğer büyük yıldızlar öldüğünde oluşan kara delikleri yuttu. Zaman içinde bu dev kara delik belki de bir milyar tane güneşin kütlesine erişti! Galaksi, evrenin başlangıcında sık sık meydana geldiği gibi komşu bir galaksiyle çarpıştıysa, muhtemelen yutacak daha fazla madde mevcuttu ve hatta belki başka bir kara delik bu aç canavarı besledi.

Zamanla, bir galaksi çekirdeğindeki kara deliğin etrafı yıldızla-rarası maddeyi dolduran sıcak gazlar, yıldızlar ve diğer maddeler formunda bol miktarda maddeyle çevrilir. Madde, döne döne kara deliğe çekilerek toplanma diski adında, yassı, *krepe* benzer bir yapı oluşturur. Galaksilerin merkezindeki bazı diskler, disk etrafında fırıl fırıl dönerken bükülen güçlü manyetik alanların arasından geçer. Diske yakalanan maddeler, manyetik sıcaklık ve sürtünme sonucu gittikçe daha çok ısınır. Enerji olarak dışarı kaçan ısı, güçlü radyo ve x-ışını emisyonu yayar. Bazı maddeler de diskten dışarı doğru dikey biçimde fışkıran devasa jetler olarak da kaçabilirler. Bu jetlerden bazıları, ışık hızına yakın bir süratle fışkırır! Bugün astronomlar, galaksi-lerin merkezlerindeki bu yoğun bölgeleri *aktif galaksi çekirdekleri* ya da AGÇ olarak sınıflandırır. Bunlar oldukça kompakt ve ışığın hemen hemen bütün dalga boylarında oldukça parlaktırlar. Neredeyse bunların hepsi, yakın uzaydaki maddeler ile dev bir kara delik ara-sındaki etkileşimle açıklanabilir.

Kozmik Evrim ve AGÇ

Astronomlar, evren çok daha genç ve böyle cisimler oluşturmaya daha müsaitken bol miktarda AGÇ'nin var olduğunu biliyorlar. Belki de galaksilerin merkezlerinde birleşecek daha fazla kara delik vardı. Ayrıca, yıldızları yaratmak için gerekli gazların o zamanlar daha bol olması da muhtemeldir. Bu bolluk, galaksi çekirdeklerindeki kara deliklerin doğmasına elverişli şartların oluşmasına yardımcı olur. Üstelik genç evrende daha küçük pek çok galaksi yer aldığından daha fazla galaksi etkileşimi olması muhtemeldir.

Pek çok AGÇ bizden çok uzak mesafelerde bulunur ve kırmızıya kayma oranları yüksektir. Özellikle, gamma ışını parlamaları yayan çok uzaktaki Seyfert galaksilerinin var olması, böyle cisimlerin evrenin her yerinde olduğunu göstermektedir.

Kuasarlar!

Kuasarlar ("yıldızsız radyo kaynakları" kısaltması) bilinen en hareketli ve uzak aktif galaksi çekirdekleridir. İsimlerinden de anlaşılacağı üzere bu cisimler güçlü radyo emisyonları sayesinde keşfedilmiştir ve aynı zamanda parlaktırlar. Bazıları güçlü x-ışını emisyonları da yayar; bu, böyle galaksilerin merkez çekirdeklerindeki yüksek sıcaklıklar hakkında bir fikir verir.

Diğer AGÇ'ler gibi bir kuasar da gücünü, maddeleri müthiş bir hızla döndüren kocaman bir toplanma diskiyle çevrili dev bir kara delikten alır. Bilinen en parlak kuasar, ışığını sürdürmek için her yıl bin tane güneşe tekabül eden cisimleri yutmak zorundadır. Bir AGÇ'nin kara deliği zamanla, parlak ışıklar ve emisyon sağlamak için gerekli yakıtı tüketir. Bu olduğunda merkez bölge sakinleşir. Merkezi kara deliği olan her galaksi gürültücü bir canavar değildir. Bizim Samanyolu'muzun, gerçekten aktif olan diğer galaksilere kıyasla daha sessiz bir kara deliği vardır.

Aktif Galaksi Çekirdeklerini ve Kuasarları Keşfetme

Bu aktif cisimler, yirminci yüzyılın başlarında, galaksilerin merkezlerini incelemek üzere spektrograflar kullanılmaya başlandığında

keşfedilmiştir. O alanların aktif ve aşırı ısınmış olduklarını gösteren parlak emisyon çizgileri buldular. Bu "aktif galaksilere" değinen ilk yazıyı astronom Carl Seyfert (1911–1960) 1943 yılında yazmıştır. Güçlü emisyonları, merkezi çekirdeklerinde oldukça enerjik bir şeylerin olduğunu göstermiştir. Bunlar sonunda Seyfert galaksileri olarak anılmaya başlanmıştır.

1950'lerde radyo teleskoplar, aynı bölgelerdeki güçlü radyo kaynaklarını tespit etmeye başlamıştır. Bunun her iki yanında da sıklıkla güçlü radyo kaynaklarına sahip bir galaksi olmuştur; en sonunda da astronomlar bunların, bazen normal görünen galaksilerin çekirdeklerinden fıskıran jetler olduklarını anladılar.

Çok Ama Çok Parlak!

En parlak kuasarlar, 26 katrilyon tane Güneş kadar ışık üretirler!

Kuasarların açıklanması uzun zaman almıştır. Neredeyse bir yıldız kadar parlak olan kuasarların bu parlaklıkları bazen birkaç gün içinde farklılık gösterirdi. Yine de neredeyse her zaman çok çok uzakta olan bu kuasarların neyle ilişkili olduklarını söylemek oldukça zordu. Sonunda Hollandalı astronom Maarten Schmidt (1929–) 3C 273 adındaki bir kuasardan gelen emisyon çizgilerine baktı. Bu çizgilerin harekete geçmiş hidrojen atomlarından kaynaklandığına ve büyük oranda kırmızıya (spektrumun en kırmızı ucuna) kaydığına dikkat çekti. 3C 273 hem çok parlak, hem de çok uzaktır. İnsanlar zamanla kuasarların, aşırı miktarlarda madde yutan kocaman kara deliklerden güç aldığını fark etmişlerdir.

Günümüz bilim insanları, bir galaksiyle merkezindeki kara deliğin kütlesi arasındaki orantıyı keşfetmeye çalışmaktadırlar. Özellikle de kara deliklerin, sonunda bir galaksinin yeni yıldız grupları yaratma şansını yok edecek olan maddelerin yutulmasındaki rolünü incelemektedirler. Merkezi motorun müthiş iştahı, kütle

toplamaya devam etmek için gerekli yakıtı tükendikçe kendi nihai çöküşüne sebep oluyor gibi görünmektedir.

Aktif Galaksi Türleri

Aktif galaksiler, yaydıkları emisyonlar ve çekirdeklerinde jet olup olmamasına göre sınıflandırılırlar. En yaygın türlerden bazıları şunlardır:

1. *Radio sessiz:* (Şimdilik) radyo sessiz kara delikleri olan, çok sö-nük, sessiz galaksi çekirdekleri; bunlar, ışığın başka dalga boy-larında parlak ve aktif olabilirler.
2. *Seyfert galaksileri:* Madde toplayan, x-ışınları ve gamma ışınları yayan orta kütleli kara delikler.
3. *Kuasarlar:* Madde toplayan yüksek kütleli kara delikler; bazıları radyo emisyonları yayarken bazıları sadece optik ışık yayar.
4. *Blazarlar:* Dünya'ya dönük bir jeti olan, yüksek kütleli kara de-likler.
5. *Radio galaksiler:* Güçlü radyo emisyonları yayan ve uzaya aşırı ısınmış madde püskürten çok büyük jetlere sahip geniş alanla-rı olan büyük kütleli kara delikler.

Mikrokuasarlar

Kuasarlar genellikle evrenin uzak derinliklerinde bulunurlar an-cak son yıllarda, galaksimizin çiftyıldız sistemlerinden fışkıran radyo-yüksek sesli jetler bulunmuştur. Bu güçlü jetler, ışık hızın-dan daha hızlı hareket ediyor gibi görünmektedir; bu özelliğe “ışık hızından daha hızlı hareket” denir. Görünüşe bakılırsa bu jetler doğrudan bize yöneltilmiştir ve bu da ışıktan daha hızlı seyahat etme illüzyonuna katkı sağlamaktadır. Bu cisimlerin yaydıkları güç inanılmaz derecede yüksektir; astronomlar da artık onlara, uzak galaksilerin merkezindeki daha büyük emsalleriyle neredeyse tıpa-tıp aynı davranışlar gösterdikleri için mikrokuasarlar demektedir.

KARANLIK MADDE

Kozmosun Gizemli Esası

Evrende, görebildiğimiz üzerindeki kütleçekimsel etkisi haricinde belirlenemeyen, görünmez bir madde mevcuttur. Buna *karanlık madde* denir. Görülemeyen bir şeyin nasıl bu kadar etkili olduğunu anlamak için öncelikle bildiğimiz maddeden bahsedelim.

Evrendeki bütün cisimler atom adı verilen küçük madde parçacıklarından oluşur. Bu atomlar hidrojen, helyum, karbon, nitrojen, oksijen, silikon ve bunlar gibi kimyasal elementlerdir. Enerjiyle birlikte bir araya gelerek gözlemlediğimiz evreni oluştururlar.

Evreni Bir Arada Tutmak

Atomları bir arada tutan şey nedir? "Kuvvet"tir. Atom ve atomaltı düzleminde atomlar *güçlü nükleer kuvvet* ve *zayıf nükleer kuvvet* adı verilen iki etkileşim tarafından yönetilirler.

Güçlü nükleer kuvvet, atomun çekirdeğini oluşturan parçalar yani kendileri de *kuark* adında daha küçük parçacıklardan oluşmuş proton ve nötronlar üzerinde etkilidir. Güçlü nükleer kuvvet, kuarkların birbirini iterek çekirdeği yok etmesine engel olur.

Zayıf nükleer kuvvet, bir kuark türünü diğeriyle değiştirir; bu da uranyum gibi radyoaktif elementlerin bozunmasına sebep olur. Radyoaktif bozunma gezegenlerin ve uyduların güç kaynağıdır; buna dahil olan elementler de yıldızlar öldüğünde yaratılmıştır.

Zayıf nükleer kuvvet aynı zamanda Güneş'in ve diğer yıldızların merkezinde meydana gelen nükleer füzyon adındaki süreci de etkinleştirir. Burada, bir elementin atomları kaynaşarak ikinci, daha ağır bir elementi meydana getirirler. Bu süreçte ısı ve ışık yayılır.

Kütleçekim kuvveti, daha uzun mesafelerde ve daha büyük, daha iri cisimler üzerinde etkilidir. Bu evrensel bir kuvvettir ve her yerde aynı şekilde işler. Kozmik tozun en küçük zerreciğinden en geniş galaksi kümesine dek her cismin bir kütlesi vardır. Bir cismin kütlesi diğer cisimleri çeker; bu çekimin gücü, aralarındaki mesa-

feye bağlıdır. Kütleçekimsel etkileşimler Dünya ile Ay'ı, Güneş ile gezegenleri, Samanyolu'ndaki yıldızları ve kümelerle süperküme-lerdeki galaksileri birbirine bağlar.

Sözü edilen bütün bu cisimler baryonik madde –proton ve nötronlardan oluşmuş madde– denen bir kategori altında toplanmışlardır. Bu madde ışıını ya yansıtır ya da yayar. Buna yıldızlar, gezegenler, galaksiler ve galaksilerin içindeki ve etrafındaki sıcak gaz bulutları; hepimiz dahiliz. Baryonik maddenin tuhaf yanı, görebildiğimiz her şeyi oluşturmaya rağmen evrende var olan tüm maddenin sadece yüzde 16'sını oluşturur. Geri kalan yüzde 84'lük kısım karanlık maddedir.

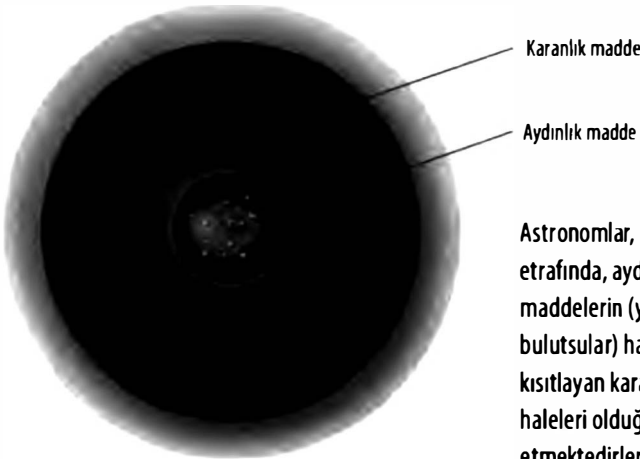
Peki, nedir bu karanlık madde? Bunu kimse tam olarak bilmiyor. Hatta baryonik maddeyle aynı biçimde hareket edip etmediği bile netlik kazanmış değil.

Muhtemel Karanlık Madde Adayları

1. *Soğuk karanlık madde*: oldukça ağır hareket eden, bilinmeyen madde
 2. *WIMP*: zayıf etkileşimli büyük kütleli parçacıklar (soğuk karanlık maddeyi açıklayabilir)
 3. *Baryonik karanlık madde*: kara delikler, nötron yıldızları, kah-verengi cüceler
 4. *Sıcak karanlık madde*: ışık hızına yakın bir süratte hareket eden oldukça hareketli madde
-

O halde eğer karanlık madde karanlıksa, astronomlar onun varlığını nasıl fark ettiler? Örneğin galaksideki bütün yıldızları, gazı ve tozu alsanız ve galaksinin kütlelerini hesaplamak için bu gördüğünüz cisimleri toplasanız galaksi olması gerekenden çok daha büyük çıkar. Bu hesapta akla yatmayan bir şeyler vardır. Bu da, orada göremediğiniz ve kütleli olan bir şeyler olduğu anlamına gelir.

Astronomlar, pek çok galaksi ve yıldız kümesindeki bu çelişkiyi fark ettiler ve ayrıca bir galaksinin içinde dönen yıldızların süratlerindeki farklılıkları keşfettiler. Bir galakside, yıldızların belli hızlarda dönmeye devam etmesini sağlamaya ve en dıştaki yıldızların da uzaya uçup gitmelerine engel olmaya yetecek miktarda büyük bir kütleçekimi ve dolayısıyla büyük bir kütle olması gerekir. Fakat galaksinin civarındaki yıldızların tahmin edilen süratleri astronomların tahmin ettikleri gibi değildir. Bunlar, galaksinin merkezine daha yakın olan yıldızlardan çok farklı bir hızda hareket ediyor olmalıydılar. Bu da, tespit edilmemiş daha çok kütle (ve bunun sonucunda oluşan kütleçekimi) olduğu ve bu kütlenin yıldızları etkilediği anlamına geliyordu.



Astronomlar, galaksilerin etrafında, aydınlık maddelerin (yıldızlar ve bulutsular) hareketlerini kısıtlayan karanlık madde haleleri olduğunu tahmin etmektedirler.

Karanlık Madde Nerededir?

2012 yılının başında karanlık madde sorununu araştıran fizikçiler, karanlık madde evreninin bilgisayar modellerini çıkarmak için galaksi dağılım verilerini ve kütleçekimsel ölçümleri kullandı. Bu modeller, bu görünmez maddenin galaksilerden uzayın derinliklerine dek uzandığını ve hatta komşu galaksilerin karanlık maddelerine sürtünme ihtimali olduğunu gösterdi. Bu da her bir galaksinin gerçekten de hem aydınlık (baryonik) maddenin hem de karanlık maddenin bir toplamı olduğu anlamına gelir. Dahası, karanlık maddenin bütün evrene nüfuz eden bir ağ oluşturduğunu gösterir.

Karanlık Madde ve Evren

Karanlık madde, evren boyunca galaksileri ve galaksi kümelerini etkiler. Onun varlığı sayesinde astronomlar, evren genişlemeye devam mı edecek, hareketsiz mi kalacak yoksa belki de küçülecek mi gibi sorulara yanıt bulabilir. Kozmologlar (kozmosun kaynağını ve evrimini araştıran kişiler) eskiden açık evren, kapalı evren ve düz evren modelleri bağlamında düşünürlerd. Açık evren, genişlemeye devam eden, kapalı evren daralabilen ya da büzüşebilen, düz evren de hareketsiz evren modelidir. Ne çeşit bir evrene sahip olduğumuzu belirlemek için kütle önemli bir rol oynadığından, ne kadar maddeye sahip olduğumuzu bilmek de önemlidir.

Bugün bu tablo daha da karmaşıktır: Evren madde bağlamında düz kabul edilir ancak kozmosun akıbetini anlamada en baskın özellik olan karanlık madde sebebiyle de genişlemeye devam etmektedir. Bu denkleme bir de karanlık enerjiyi eklediğimizde karşımıza şöyle bir sonuç çıkar: Evrenin yüzde 75'i karanlık enerji, yüzde 24'ü karanlık madde, yüzde 5'e yakın kısmı da baryonik maddeden oluşmaktadır. Karanlık enerji evrenin genişleme hızını artırmaktadır; bu sebeple bu senaryoda evren sonsuza dek genişlemeye devam etmektedir. Fakat yeni keşfedilen Higgs Bozonu adındaki atomaltı parçacığı üzerinde yapılan son çalışmalar, evre-

nimizin, günümüzden onlarca milyar yıl sonra sonu gelecek sınırlı bir ömrü olabileceğini ileri sürmektedir.

Karanlık Enerji Nedir?

İnsanlar genellikle uzayın boş olduğunu düşünürler. Astronomideki en büyük yanlış anlamalardan biridir bu. Aslında uzayda çok fazla şey vardır. Gaz atomları ve küçük toz zerrecikleri “boşluk” denen yerde süzülürler. Şimdi burada bir de karanlık enerji olduğu ortaya çıkmıştır. Bunu, uzayın malı olan somut bir madde olarak değil de, uzayın kendi enerji kaynağı olarak düşünün. Uzay genişledikçe daha fazla enerji ortaya çıkar. Evrenin genişlemesini tetikleyen şey bu enerjidir. Bu durum, neden astronomların evrenin (içerdiği bütün kütlenin ve içindeki bütün maddelerin kütleçekiminin hesaplanmasına dayanarak) olması gerekenden daha hızlı genişlediği sonucuna ulaştıklarını açıklayabilir.

EVRENİN YAPISI

Kozmik Cisimler ve Uzaklıkları

Evren hareket eden cisimlerle doludur. Örneğin dünyayı ele alalım. Güneş'in etrafında dönmekle birlikte güneş sisteminin bir parçası olarak da uzayda hareket etmektedir. Güneş sistemi, Samanyolu merkezinin etrafında hareket halindedir. Galaksi, Yerel Grup adı verilen bir topluluğun parçası olarak diğer galaksilerle birlikte uzayda hareket etmektedir. Bazı yerlerde galaksiler, kümeler ve topluluklar halinde birbirlerinin etrafında dönerler fakat bütün bu galaksiler aynı zamanda evrenin 13,8 milyar yıl önce başlamış genişlemesinin bir parçası olarak uzayda hareket ederler. Evren de çok büyüktür. Yaşamına küçük bir nokta olarak başlamış evren şu anda 93 milyar ışık yılı çapındadır!

Evrenin içerdiği bütün maddeler (hem baryonik hem karanlık madde) milyarlarca ışık yılı genişliğindeki uzay boyunca uzanan dantel gibi bir ağ içinde dağıtılmıştır. Ağ iplikleri arasında karanlık madde ile dolu kozmik boşluklar vardır. Neticede her şey, evrenin genişlemesini hızlandırdığı için karanlık enerjiden etkilenir.

Kozmik Uzaklık Merdivenini Tırmanmak

Kozmosta uzaklıklar önemlidir. İnsanların gezegenler, yakındaki yıldızlar, bulutsular gibi daha yakındaki cisimleri uzaktaki yıldızlar ve galaksilerden daha kolay keşfettikleri açıktır. Ne kadar uzağa bakarsak zamanda o kadar geriyi görürüz, bu sebeple uzayda uzağa bakmak kozmosun tarihi ve evrimini inceleme uğraşı halini alır.

Dünya ve güneş bir astronomik birim (AB) uzaklıktadır. Bu 150 milyon kilometre demektir. AB seviyesinde, keşiflerimiz kozmik düzende oldukça küçük kalan güneş sistemimizle sınırlıdır. Daha uzaktaki cisimlerin uzaklığı ışık yılı cinsinden belirtilir. Bir ışık yılı, ışığın (saniyede 300.000 km hızla) bir yılda kat ettiği mesafedir. En yakın yıldızlar güneşten 4,2 ışık yılı uzaklıktadır. En yakın yıldız doğumu bölgeleri 1500 ışık yılı uzaklıktadır. Astronomlar aynı za-

manda 3,26 ışık yılına denk düşen parsek terimini kullanır. Bin parsek bir kiloparsektir. Bu birimlerdeki ölçümler bizi Samanyolu'nda ki cisimlere götürür. Örneğin, galaksimizin merkezi 26.000 ışık yılı uzaklıktadır; bu da aynı zamanda 8000 parsek ya da 8 kiloparsek olarak ifade edilebilir.

Standart Mumlar

Bir şeyin ne kadar uzakta olduğunu nasıl bilebiliriz? Kozmosta epey uzakta olan bir şeyin mesafesini ölçmek için oldukça kullanışlı bir yol vardır. Evrendeki, bilinen ve tahmin edilebilen parlaklıkta ışık yayan cisimler standart mumlar olarak kullanılır. Gözlemciler bunların mesafelerini hesaplamak için, ters kare kanununu kullanırlar; bu da bir cismin parlaklığının o cismin uzaklığının karesiyle ters orantılı olduğu anlamına gelir. (Parlaklık, astronomik cismin yaydığı enerjinin toplam miktarının ölçüsüdür.) Ters kare kanununa göre bir cisim ne kadar sönük görünüyorsa sizden o kadar uzaktır. Eğer cismin parlaklığını biliyorsanız uzaklığını hesaplayabilirsiniz.

En yaygın kullanılan standart mumlar, Sefe değişken yıldızları (zaman içinde sabit, tahmin edilebilir bir ritim ile titreşen), Tür 1a süpernovaları denen yıldız patlamalarının belirli türleri ve kuasarlardır (uzaydaki parlak ve uzak patlamalar). Kırmızı devler ve gezegenimsi bulutsuları da standart mumlar olarak kullanılabilir. Bu standart mumların Samanyolu'nda ve evrenin başka her yerinde var olması, bu yıldızlar ve bulundukları galaksiler ile aramızdaki mesafeleri ölçmemize imkân tanır.

Galaksimizin Ötesinde

Samanyolu'nun dışında, astronomlar –milyonlarca ya da milyarlarca parsekle ölçülebilen ve sırasıyla megaparsek ve gigaparsek olarak adlandırılan– muazzam mesafelerle uğraşırlar. Bunlar sıklıkla, galaksiler gibi oluşumlar arasındaki kozmolojik mesafeler olarak bilinirler. Astronomlar yukarıda bahsedilen standart mum-

ları kullanarak bu mesafeleri ölçebilirler. Tully-Fisher bağıntısı denen bir başka metot, sarmal bir galaksinin yapısal aydınlatma gücü (ne kadar parlak olduğu) ile galaksinin merkezinin etrafındaki yıldızların yörüngesel hareketini karşılaştırır. Astronomlar bu “dönüş hızı”nı anlamak için ışıklarını spektroskop aracılığıyla inceler. Spektrumlar galaksi döndükçe yıldızların ne hızda hareket ettiklerini gösterir.

Bazen yüzey parlaklığındaki (galaksi ya da bulutsu gibi büyük cisimlerin parlaklığı) değişiklikler de onun mesafesini belirlemek için kullanılabilir. Yüzey parlaklığı metodu, 100 megaparsekten fazla uzaklıktaki cisimlerde işe yarar.

Evren Nasıl Böyle Oldu?

Astronomlar, ışık yayan cisimlerle dolu bir evreni keşfedip incelediler. Peki, evren şu anki haline nasıl geldi? Büyük Patlama’dan birkaç yüz bin yıl sonra yavru evren, genişlemekte olan uzayda dağılan maddelerle doluydu. O zamanlar evren henüz o kadar uzağa genişlemediğinden, şu ankinden daha ufaktı. Bazı yerlerde maddenin yoğunluğu yakın bölgelerdekenden ufak bir yüzdeyle daha fazlaydı. O alanlarda evren daha yavaş genişleyerek, yüksek yoğunluklu alanların gelişip, daha da yoğun olmalarına imkân tanıdı. İlk yıldızlar bu “aşırı yoğunluk” alanlarından oluştu ve onların yaşayıp öldüğü bölgeler de ilk galaksilerin tohumlarının yeşerdiği topraklar oldu.

Yeni oluşan evrendeki o ufak yoğunluk farklılıklarından evrendeki büyük-ölçekli yapılar –galaksiler ve galaksi kümeleri– gelişip ortak kütleçekimsel etkilerinin gücü altında bir araya toplandılar. Bu kümeler ve süperkümeler, engin ve bomboş görünen boşlukların etrafına kaplanmış gibi görünen duvarlar, levhalar ve iplikler halinde sıralandılar. Günümüzde insanlar karanlık madde ve karanlık enerjinin, bu kozmik varoluş ağını oluşturan yıldızların, galaksilerin, galaksi kümelerinin ve süperkümelerinin yaratılışı ve süregiden evriminde oynadıkları rolle ilgilenmektedirler.

Pek çok süperkümenin var olması, evrendeki maddenin, bu kümeler ilk oluşmaya başladığında da eşit olarak dağılmadığını

kanıtlamaktadır. Günümüzde bu yapılar yüz milyonlarca, hatta milyarlarca ışık yılı uzaklıklara yayılır, ancak yine de keşfedebildiğimiz evrenin sadece küçük bir yüzdesini oluştururlar.

Galaksi Kümeleri ve Süperkümeleri

Galaksiler evrende yalnız gezinmezler. Samanyolu da dahil olmak üzere hepsi, kümelerin –kütleçekimiyle bir arada duran büyük galaksi topluluklarının– bir parçasıdır. Bu kümelerden bazılarında onlarca ya da binlerce galaksi varken, bazılarında da on binlercesi mevcut olabilir. Galaksi grupları ve kümelerinin hepsi, on binlerce üyeye sahip olabilen, süperkümeler adındaki daha büyük toplulukların parçasıdır. Buna en iyi örnek Kahraman-Balıklar Süperkümesidir. 250 milyon ışık yılı uzaklıkta olan bu süperküme, birçok galaksi grubu ve kümesinden oluşmuştur.

Küçükten Büyüğe

Evrendeki madde, hiyerarşik bir düzende kümelenir. Küçükten büyüğe doğru giden kozmik cisimlerin listesi şöyledir:

- Gezegenler
- Yıldızlar
- Galaksiler
- Galaksi grupları
- Galaksi kümeleri
- Süperkümeler (galaksi kümelerinin kümeleri)
- Kümeler ve süperkümeler arasındaki boşluklar
- Boşlukların dış hatlarını oluşturan galaksi iplikleri

KÜTLEÇEKİMSEL MERCEKLER

Doğanın Uzun Mesafeli Teleskopları

1979 yılında, Kitt Peak Milli Rasathanesi'ndeki bir teleskobu kullanan astronomlar görüntülerden birinde tuhaf bir şeye rastladılar. Bu, yan yana ve oldukça yakın biçimde duran, birbirinin tıpatıp aynısı iki kuasar gibi görünüyordu. Bunlara hemen İkiz Kuasarlar dendi. Kuasarlar, müthiş miktarlarda ışık veren parlak, oldukça uzakta yer alan noktasal kaynak cisimleridir; ayrıca uzak galaksilerin son derece aktif çekirdekleri olarak bilinirler. Birbirine bu kadar yakın iki kuasarın olması biraz tuhaftı. Böylece astronomlar, orada gerçekten de iki kuasar olup olmadığını görmek için radyo teleskoplarıyla İkiz Kuasarlara baktılar.

Görünüşe göre çifte kuasarlar aslında kocaman bir galaksi kümesinin arkasında bulunan bir uzak cismin iki görüntüsüydü. O kümedeki bütün galaksilerin toplam kütleçekimleri, oradan geçen kuasarın ışığını yansıtmaya yeterlidir; ayrıca iki kuasar görüntüsünü yaratan da o kütleçekimsel merceklenmedir.

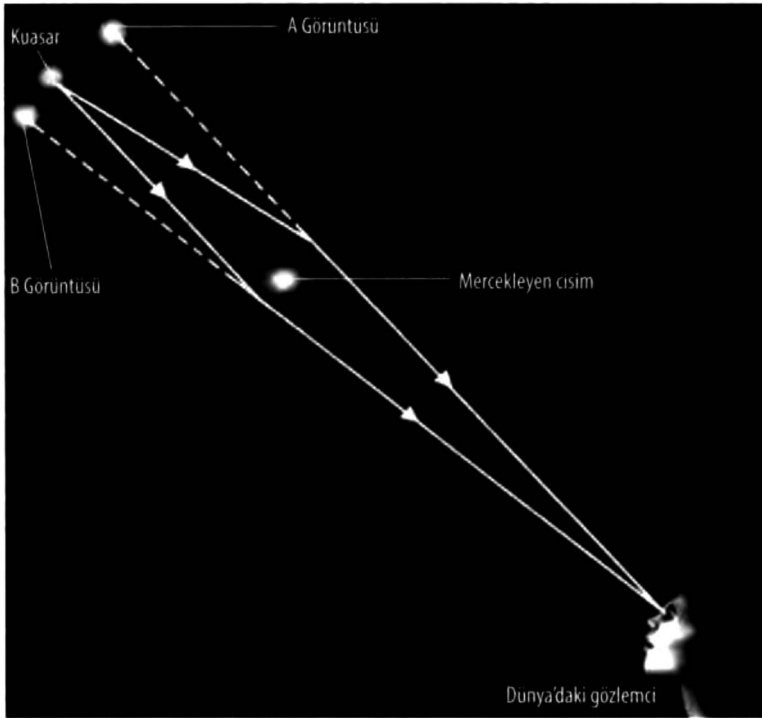
Kütleçekiminin Gizli Rolü

Her cismin bir kütlesi vardır. Her kütle, diğer kütleler üzerinde bir çekim kuvveti uygular. Cisim ne kadar büyükse kütleçekim kuvveti de o kadar güçlüdür. Kütleçekimi ve hız gezegenlerin Güneş etrafında, uyduların gezegenler etrafında ve galaksilerin diğer galaksiler etrafında dönmelerini sağlar. Peki, ama bu mekanizma nasıl işler?

Hepimiz, yörüngeler ve kütleçekimi hakkındaki bilgimizi on yedinci yüzyılda evrensel kütleçekimi kanununu bulan, İngiliz matematikçi Sör Isaac Newton'a borçluyuz. Newton, kütleçekimi, evrendeki bütün cisimler üzerinde geçerli bir güçtür, demişti. Cisimlerin kütlelerini ve birbirlerine olan uzaklıklarını biliyorsanız, iki cisim arasındaki kütleçekim gücünü hesaplayabilirsiniz. Cisimler birbirine yaklaştıkça onları birbirine çeken kütleçekimi daha

da güçlenir. Birbirlerinden uzaklaştıkça da kütleçekimi etkisi zayıflar.

Kütleçekimi ve evrendeki rolüyle ilgili çok detaylı ders kitapları mevcuttur. Yine de astronomide kütleçekimiyle ilgili bilinmesi gereken en önemli şey onun, yıldız doğumundan galaksi evrimine, güneş sistemimizdeki cisimlerin yörüngesel hareketlerinden ışığın evren içinde izlediği yola dek her şeyi etkiliyor olmasıdır.



Kütleçekimsel merceğin geometrisi. Işık, uzak cisimden seyahat eder ancak izlediği yol, yakındaki büyük bir cismin kütleçekim etkisiyle bozulur. Gözlemci, daha uzaktaki cismin birden fazla görüntüsünü görür.

Kütleçekimsel Bir Mercek Uygulaması

Maddenin uzaydaki her dağılımı bir lens görevi görebilir. Kütle ne kadar büyükse yarattığı kütleçekimsel çarpıtma o kadar artar. Astronomlar, Einstein'ın çalışmalarından dolayı bunun doğru olduğunu biliyordu; hatta bazıları bu etkiyi galaksi kümelerinin oluşturduğunu bile tahmin etti. Kütleçekimsel bir merceğin çalışması için birkaç şeye ihtiyacınız vardır:

- Kaynak (bir kuasar ya da uzak bir arka plan galaksisi)
- Merceklenme maddesi (bir yıldız ile uzak bir galaksi kümesi arasındaki maddeler)
- Gözlemci
- Gözlemcinin tespit ettiği görüntüler

Her Şey Göreli

Uzay ve zaman ilginç şeylerdir. Her ikisi de maddeden –özellikle güçlü kütleçekimi etkileri olan büyük miktarlarda maddeden– etkilenebilir. Albert Einstein'ın, 1919 yılında meydana gelen güneş tutulmasından yola çıkarak yaptığı çalışma buna dayanır. Einstein, uzak yıldızlardan gelen ışık ışınlarının, Güneş'in yanından geçerken Güneş'in kütleçekimi etkisiyle büküleceğini tahmin etti. Tutulma güneş ışığını engelleyince gözlemciler, normalde göremedikleri yıldızları görme imkanı buldular ve ışıktaki kütleçekimsel merceklenmeden kaynaklanan ufak bir kayma hesaplamayı başardılar. Bu gözlem Einstein'ı, bir cismin kütesinin etrafındaki uzay-zamanı bükerek ışık ışınlarını çok hafifçe eğilmeye nasıl zorladığını açıklayan bir çalışma yayımlamaya yöneltti. 1919 yılındaki tutulma, kütleçekimsel merceklenmenin ilk deneysel doğrulamasını sağlamış oldu. Günümüzde, yıldızlardan uzak kuasarlara kadar, kütleçekimsel olarak merceklenen çokça cisim gözlemlenmektedir.

Einstein Haçı

Evrenin uzak bir yerinde –8-10 milyar ışık yılından daha fazla mesafede– hem amatör, hem profesyonel gözlemcileri büyüleyen,

QSO 2237+0305 adında aktif bir kuasar bulunmaktadır. Bu kuasar kuvvetli bir kütleçekimsel merceklenmenin mükemmel bir örneğidir ve çoklu görüntülerine toplu olarak Einstein Haçı denir. Bu haçı büyükçe bir amatör teleskopla görebilirsiniz; ayrıca *Hubble Uzay Teleskobu* da bu cisme odaklanmıştır. Orada gördüğünüz ışık, uzaktaki kuasarı Güneş ve gezegenler oluşmadan 3 milyar yıl önce terk etmiştir. Işığı mercekleyen devasa galaksi, bizden sadece 400 milyon ışık yılı kadar uzaklıktadır.

Kütleçekimsel Mercek Türleri

Üç çeşit kütleçekimsel merceklenme mevcuttur:

- 1. Güçlü merceklenme:** Uzak cisimden gelen ışık, oldukça yakındaki çok büyük bir cismin yanından geçtiği için çarpıtmalar çok belirgindir. Işık, mercekleyen cismin ötesinde birden fazla yol takip eder; gözlemci de sıklıkla merceklemeyi yapan merkez kütlenin çevresinde Einstein Halkası'nı ya da uzak cismin birden fazla görüntüsünü görür. Mercekleyen cisim çoğunlukla büyük bir galaksi kümesi olur.
- 2. Zayıf merceklenme:** Burada mercekleyen cismin, halkalar, yaylar veya çoklu görüntüler yaratmaya yetecek kadar güçlü kütleçekimsel etkisi yoktur. Gözlemcinin gördüğü şey sıklıkla arka plan cisminin kesik görüntüleridir.
- 3. Mikro-merceklenme:** Bu, uzak yıldızların etrafındaki gezegenlerin keşfine vesile olan, ilginç bir merceklenme kullanımıdır. Merceklenme yapan cisimler yıldızlar ve hatta yıldız kara delikler de olabilir.

Mercekler ve Keşif

Kütleçekimsel mercekler, uzak evrenin keşfi için fırsat eşitliği yaratan araçlardır. Elektromanyetik spektrumdan gelen ışık üzerinde etkili olduklarından, Büyük Patlama'dan kalan ve kozmik mikrodalga arka planı denen belli belirsiz, son ışık titreşimlerini incele-

mek için kullanılabilirler. Bu, uzaydaki yolculuğuna evrenin yaratılmasından yaklaşık 370.000 yıl sonra başlamış ışığın yayılmış arka planıdır. Bir zamanlar oldukça hareketli, sıcak ve muhtemelen bir yıldızın yüzeyi kadar parlaktı. Fakat evrendeki genişleme o ışığın dalga boylarını uzattığı için bugün onu mikrodalga ışıınımı olarak görüyoruz. Belli belirsiz olduğu için incelemesi de biraz güç. Kütleçekimsel merceklenme, Büyük Patlama'nın son yankılarını kaplayan bu ışıınım kalıntısındaki değişim ve dalgalanmaları gözlemleme imkânı sunar.

Merceklenme ve İlk Galaksiler

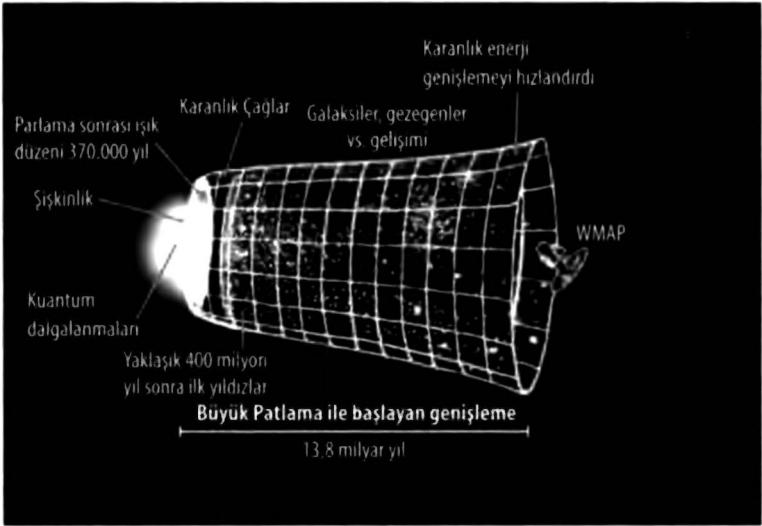
Evrende ne kadar uzağa bakarsak zamanda o kadar geriye bakmış oluruz. Astronomlar bazı gözlemlerde, özellikle de *Hubble Uzay Teleskobu* ile yapılanlarda, çok uzak galaksilerin ilk oluşmaya başladıkları zamanki hallerini görmek için kütleçekimsel merceklenmeyi kullanırlar.

Kütleçekimsel merceklenmenin zekice kullanıldığı bir alan daha vardır: karanlık madde araştırmaları. Bu gizemli "şey" özellikle de galaksi kümelerinde kalın görünmektedir. Galaksi kümelerini bir arada tutan şey sadece kendi kütleçekim etkileri değil, aynı zamanda karanlık maddenin (kendi kütleçekim etkisiyle birlikte) sağlıklı bir dağılımıdır. Karanlık madde, bir galaksi kümesinin kütleçekimsel merceklenme kapasitesini artırır. Bütün galaksi kümeleri önemli miktarda karanlık madde bileşenine sahipse, o zaman kütleçekimsel merceklenme, bu gizemli maddenin evrendeki dağılımını çözmek için oldukça önemli bir yöntem haline gelir.

BÜYÜK PATLAMA

Kozmoloji 101

Astronomide sorabileceğimiz en kışkırtıcı sorulardan biri şudur: “Kozmosta bugün tespit ettiğimiz bütün bu maddeler nasıl var olmaya başladı?” Astronomlar bunu yanıtlamak için 13,8 milyar yıl önceki bir zamana, yani evrenin kaynak, sıcak, yoğun bir varoluş halinde bulunduğu ana dönüp bakarlar. Bunun ne kadar sürdüğü ya da öncesinde ne olduğu hâlâ bilinmemektedir. Yine de bugün bildiğimiz evrenin tamamı o ilk varoluş halinden doğmuştur. Evrenin kökeni ve bugün görmüş olduğumuz kompleks ve büyük yapılara doğru nasıl evrimleştiği kozmoloji biliminin konusudur.



Evrenin doğduğu andan —Büyük Patlama— günümüze kadar olan genişlemesi. WMAP görev aracı Büyük Patlama'dan gelen belli belirsiz ışık yankılarını tespit etmiştir.

Başlangıç

Büyük Patlama –evrenin doğuşu– yaklaşık 13,8 milyar yıl önce meydana geldi. Bu olay, o sıra mevcut olan bütün uzayı madde ve enerjiyle doldurdu. Bu, uzayın ve zamanın başlangıcıydı. İsminin aksine Büyük Patlama aslında bir patlama değildi. Daha ziyade, evrenin doğuşu, uzay ve zamanın günümüze kadar devam eden genişlemesini başlattı. Bu olay sırasında ilk madde parçacıkları yaratıldı.

Büyük Patlama’dan sonraki ilk saniye, bütün evren 10 milyar dereceye kadar aşırı miktarda ısınmış bir atomaltı parçacıklar çorbasıydı. O ilk saniyede inanılmaz şeyler oldu:

- Kütleçekimi, elektronükleer kuvvetten ayrıldı ve çok geçmeden elektromanyetik kuvvet de ona katıldı.
- Evren sıcak bir kuark ve gluon (temel parçacıklar) çorbası olmaktan çıktı ve protonlarla nötronlar oluşmaya başladı.
- Bu ilk saniyenin en sonunda, yeni doğmuş evren, döteryum (bir çeşit hidrojen) ve helyum-3 oluşturmaya başlayacak kadar soğumuştur. Yeni doğmuş evrenin boyutu bu noktada en azından doksan kat daha büyümüştü!

Sonraki üç dakika boyunca yavru evren soğumaya ve genişlemeye devam ettikçe ilk elementlerin yaratılışı da devam etti. Evren, sonraki 370.000 yıl boyunca genişlemesini sürdürdü. Fakat evren, hiçbir ışığın parlamasına izin vermeyecek kadar sıcak, karanlık bir yerdi. Burada, sadece yoğun bir plazma, ışığı engelleyen ve dağıtan, saydam olmayan sıcak bir sis bulutu vardı. Evren, özünde sadece bir pustur.

Evrendeki bir sonraki büyük değişim, ortam atomları oluşturacak denli soğuduğunda meydana gelen yeniden birleşme döneminde oldu. Bunun sonucu, Büyük Patlama’dan gelen orijinal ışık parlamasının, sonunda seyahat edebileceği saydam bir gazdı. Bugün o yanıp sönen parlamayı kozmik mikrodalga arka plan ışınması olarak (CMB ya da CMBR olarak da kısaltılır) bilinen silik,

her şeyi kapsayan, uzak bir parıltı olarak görüyoruz. Evren, kozmik karanlık çağlarını ardında bırakıyordu. Gaz bulutları, öz kütleçekimleri (muhtemelen karanlık maddenin kütleçekimsel etkisinin de yardımıyla) altında sıkışarak ilk yıldızları oluşturdu. Bu yıldızlar, etraflarında kalan gazları harekete geçirip (ya da iyonlaştırıp) evreni daha da aydınlattılar. Bu döneme Reiyonizasyon Çağı denir.

BÜYÜK PATLAMA'DAN ŞİZE

1. Büyük Patlama öncesi: kuantum yoğunluk dalgalanmaları
2. Büyük Patlama öncesi: kozmik şişkinlik
3. 13,8 milyar yıl önce: Büyük Patlama
4. 13,4 milyar yıl önce: ilk yıldızlar ve galaksiler
5. 11 milyar yıl önce: Samanyolu oluşmaya başlar
6. 5 milyar yıl önce: Gezegenlerle birlikte Güneş oluşmaya başlar
7. 3,8 milyon yıl önce: Dünya'da ilk yaşam belirir
8. 2,3 milyon yıl önce: İlk insanlar ortaya çıkar
9. Modern zamanlar: Ve siz doğarsınız

İlk Galaksiler

Evren 400 milyon yaşına geldiğinde ilk yıldızlar ve galaksiler oluşmaktaydı. Genişleyen evren soğudukça karanlık madde yığınlar halinde yoğunlaşmaya başladı. Bu durum, yoğun bölgelerde gazların toplanmasını tetikledi; bu da yıldızların oluşmasına sebep oldu. Galaksiler bugün gördüğümüz sarmal ya da eliptiklere hiç benzemiyordu. İlk galaksiler daha ziyade ışık yayan madde parçaları gibiydiler. Evrenin yoğunluğundaki dalgalanmalardan doğdular.

Evren genişlemeye devam etti ancak bu genişleme, sonraki birkaç milyar yıl içinde, yıldızlar ve galaksiler formundaki maddelerin kütleçekimsel etkisi altında yavaşlamaya başladı. Sonra da, kozmos yaklaşık 5-6 milyar yaşındayken ilginç bir şeyler oldu. Kozmos tarihinin çoğunda mevcut bulunan karanlık enerji evrenin genişlemesini hızlandırmaya başladı. Bu gizemli güç, kendisi olmasa "boş" kalacak olan uzayın bir özelliği gibi görünmektedir;

ayrıca bu gücün etkisi, hem yer teleskoplarıyla yapılan uzak süpernova gözlemleri, hem de *Hubble Uzay Teleskobu* gibi uzay teleskoplarının, uzaktaki ilk süpernova patlamalarına ilişkin gözlemleri aracılığıyla ölçülmüştür. Karanlık enerji kütleçekiminin aksine hareket edip bugün hâlâ evrenin genişlemesini hızlandırmaktadır.

İlk Yıldızlar

İlk yıldızlar, çok kısa yaşamlar sürmüş ve sonunda da muazzam büyüklükte süpernova patlamalarında yok olmuş, büyük ve yalnız cisimlerdi. Bu feci ölümler sonucunda çevrelerindeki gazı emerek ve diğer kara deliklerle birleşerek büyüyen kara delikler yarattılar. Devasa yıldızların kalıntıları uzaya saçılarak yıldızlararası maddeyi, hidrojen ve helyumdan daha ağır elementlerle zenginleştirdi. Bu elementlerden bazıları, nükleosentez denen bir süreçle yıldızların nükleer fırınlarında oluştu. Bir kısmı da patlayıcı nükleosentez ile süpernova patlamaları sırasında biçimlendi.

Galaksi Evrimi

Galaksiler, oluştukları günden günümüze kadar evrendeki yıldız oluşumunun başlıca alanları olmuştur. 10 milyar yıl kadar önce doğan galaksimiz, diğer pek çok galaksi gibi, çarpışmalar ve birleşmeler sonucu gelişti. Bu süreç olurken, Samanyolu'nun yıldız oluşum bölgeleri, ilk nüfustan geriye kalan maddelerle yeni yıldız jenerasyonları yaratmakla meşguldü. Bizim güneş sistemimiz 5 milyar yıl önce, yani Büyük Patlama'nın ilk anlarından yaklaşık 9 milyar yıl sonra oluşmuştur ve Güneş ölene dek, 5 milyar yıl daha de var olmaya devam edecektir. Galaksimiz, en sonunda Andromeda Galaksisi ile milyarlarca yıl sürecek bir dansa başlayacak; bu olay sonunda iki galaksi bileşerek kendi sarmal şekillerine hiç benzemeyen geniş, eliptik bir galaksi oluşturacak.

Evrendeki milyarlarca galaksi, kozmos boyunca uzanan devasa levhalar ve madde iplikleri oluşturan süperkümler içinde var

olurlar. Evrenimiz kendi içine çökmeyeceğinden, bu kozmik varoluş ağı, onlarca milyar yıl daha genişlemeye devam edecektir.

Büyük Patlama'dan Önce Ne Vardı?

Evrenimizin yaratılışından önce ne olduğunu kimse tam olarak bilmiyor. Bu sorunun yanıtlarından biri, daha geniş bir çoklu evrende, tek bir baloncunun içinde yaşıyor olabileceğimizdir. Büyük Patlama'da oluşan şey, bizim evrenimizi içeren bu bölge olabilir. Bunun ötesini (henüz) göremiyoruz fakat bu mümkün olsaydı dışarıda, tıpkı bizimki gibi genişleyen, kendi baloncukları içinde başka evrenler olduğunu görebilirdik. Bir başka fikir de, bizden önce bir evrenin var olduğu fakat bizim evrenimizi yaratan Büyük Patlama sırasında o evrenin varlığının kanıtlarının yok olduğu yönündedir.

BİLİM-KURGU EVRENİ

Uzaydaki Solucan Delikleri

Bilimkurgu, ışıktan daha hızlı seyahatler ve uzaydaki muazzam mesafeleri kat etmek için kullanılan solucan delikleri hakkındaki hikâyelerle doludur. Uzayda seyahat ediyorsanız ve galaksinin diğer tarafına geçmek için ışık hızıyla bile 100 milyon yıla ihtiyacınız varsa, kozmik bir kestirme yol kullanmanın gayet cazip görüneceğini kabul etmek gerekir. Uzaydaki solucan deliklerine sıklıkla başvurulduğundan bunların ne olduğuna, kozmik otoyola geçiş için uygun bir şerit olup olmadıklarına bir bakalım.

Bilimkurgunun Meşhur Solucan Delikleri

Bilim kurgu kitapları, dizileri ve filmleri solucan deliği kullanıcılarıyla doludur. Aşağıda birkaç örneği bulabilirsiniz:

- *A Wrinkle in Time* kitabı, uzay-zamandaki kırışıklar (dört boyutlu küpler) aracılığıyla seyahat etme metodunu anlatır.
- Carl Sagan, *Mesaj* romanında kadın kahramanı uzak bir yıldıza götürmek için solucan deliği tarzında bir mekanizma kullanır.
- Lois McMaster Bujold'un yazdığı *Vorkosigan Saga*'da karakterler, uzay metro sistemine çok benzeyen solucan deliklerini kullanarak seyahat ederler.
- *2001: Bir Uzay Macerası* filminde, bir karakter, bir dizi solucan deliğine benzer bir şeyle yolculuk eder.
- *Star Trek: Derin Uzay 9* filminde olayların gerçekleştiği ana uzay istasyonu, galaksinin iki çeyreğini birbirine bağlayan bir solucan deliğinin yanına konuşlanmıştır.

Solucan Deliklerinin Analizi

Solucan delikleri gerçekten var mı? İşin aslı, şimdiye kadar kimse bir solucan deliği görmedi; bunlar sadece teorik yapılar. Bu fikir esasında, iki nokta arasındaki uzaklığı gerçek anlamda kat etmeden uzayda hareket edebiliyor olmamızdır. Oldukça büyük miktarda kütleçekim kuvveti gerektiren bir şeyin uzayı "katlaması" gerekir. Bir kara deliğin o kadar inanılmaz bir kütleçekim gücü vardır ki etrafındaki uzay-zamanı eğer. O bunu yapabiliyorsa, o zaman bir çeşit yapı da teorik olarak uzayın kara delik tarafından katlanan iki kısmını birbirine "bağlayabilir".



Uzay-zamanda teorik bir "katlanma"; birbirlerinden epeyce uzak olan bu iki alan bir köprü ile birbirlerine bağlanır. Böyle bir şeyin var olması mümkün görünse de henüz bir kanıt bulunamamıştır.

Evreni birbirine bağlayan bir solucan deliği yeni bir fikir değildir. 1935 yılında Albert Einstein ve Nathan Rosen (1909–1995) uzayı kat etme sorunuyla ilgili dehalarını konuşturarak uzayda birbirlerinden epeyce uzak alanları bağlayan "köprüler" fikrini ileri

sürdüler. Solucan delikleri teorisi üzerinde çalışan bazı araştırmacılar, bu köprülerin sadece çok kısa sürelerle mevcut olabileceğini, dolayısıyla solucan deliği çökmeden diğer tarafa geçmek için oldukça acele etmek gerekeceğini belirttiler. Solucan deliğini mümkün kılan şeyi durup düşündüğünüzde bir başka problem baş gösterir: Uzayda seyahat etmek için bu deliklerden birini kullandığınızda hemencecik tekilliğe, yani kara deliğin sonsuz derecede yoğun merkezine varırsınız. Bu tekillik, o anda yolculuğunuzu sonlandırabilir (ve sizi öldürebilir). Kara deliğe çekilebilir ve diğer taraftaki "beyaz delikten" çıkma şansını hiç bulamayabilirsiniz.

Solucan Deliği Nedir?

Fizikçiler solucan deliğini bir Einstein-Rosen köprüsü olarak tanımlar. Köprünün bir ucunda uzay-zamanın bir bölümü, diğer ucunda da başka bir bölümü vardır. Bir solucan deliği teorik olarak sizi uzayın öteki tarafına geçireceği gibi, zamanda ileri ve geri de götürebilir.

Şu durumda aynı soruyu sormaya devam ederiz: Günün birinde ışık yılı uzaklığındaki mesafeleri kat etmek için bir solucan deliği kullanmak mümkün olacak mı? Yine sadece teorik bir bakış açısıyla, bu mümkün olabilir. Bir solucan deliğinin girişinin (kara deliğin mevcut olduğu noktanın) etrafındaki bölgeyi stabilize etmek için "egzotik" madde denen şeyi kullanabilir, buradan da bir uzay gemisini geçirebilirdiniz. Uzay gemisi, kara deliğin içindeki ve etrafındaki şartlara dayanabilecek kadar iyi bir kalkana sahip olursa bu yöntem işe yarayabilir. Peki, bu egzotik madde nasıl bir şeydir? Bu güzel bir soru. Bu maddenin en önemli özelliği, kütleçekiminin etkilerini savuşturması, bir nevi kütleçekimi savar görevi görmesidir. Ve kesinlikle bu da teorik bir maddedir!

Beyaz Delikler

İşleyen bir solucan deliğinde bir kara delik, bir de beyaz delik vardır. Kara delikler, içerdikleri kütle sebebiyle uzayda, güçlü bir kütleçekimine sahip, son derece yoğun cisimlerdir. Kara deliğe çekilen maddeler diğer her şeyle karışarak atomlarına dek parçalanırlar. Bir beyaz delikse kara deliğin varsayımsal olarak zıddıdır: Onun içindeki madde ve ışık dışarı kaçabilir. Astronomlar henüz bir beyaz delik gözlemlemiş olmasalar da fizik kanunları onların var olmayacağını söylemiyor.

Işıktan Daha Hızlı Seyahat

Bu devasa evrende seyahat etme sorununu solucan deliklerinden geçerek çözemsek, ışık hızından daha hızlı seyahat etmenin bir yolunu bulamaz mıyız? *Star Trek*'te Federasyon, Klingonlar, Romulanlar ve hemen hemen geri kalan herkes, kısa sürelerde A noktasından B noktasına ulaşmak için uzayı eğen bir çeşit aygıt kullanmaktadır. Yine, bugünkünden çok daha ileri bir teknoloji gerektiren, uzayı katlayabilen bir yöntemle bakmaktayız. Işık hızının, evrendeki en üst hız limiti olduğunu unutmamamız gerekir. Herhangi bir teknoloji sınırsız miktarda enerjiden faydalanma şansına sahip olsa bile bu hız sınırını aşamaz. Yine de takiyon adında, ışık hızından her zaman daha hızlı hareket eden kuramsal parçacıklar mevcuttur. Bilimkurgu teknolojileri, takiyon aygıtları ya da titreşimlerini sıklıkla kullanır. Bunlar sizi gideceğiniz yere teorik olarak ışık hızından daha hızlı bir şekilde götürür. Fakat daha yola çıkmadan yola çıkmış olabilir, varacağınız yere de varmanız gereken zamandan daha önce varabilirsiniz. Yani bütün bunlar bilimkurgu evreninde işe yarasa da gerçekte hâlâ üzerinde çalışılması gereken birtakım sorunları mevcuttur.

Görünüşe bakılırsa NASA'daki araştırmacılar, ilk olarak teorik fizikçi Miguel Alcubierre'in (1964-) ileri sürdüğü bir fikir üzerinde çalışmaktadırlar. Alcubierre, uygulandığında, bir uzay gemisini

eğme baloncuğuyla (warp baloncuğu) kuşatacak bir matematik formülü buldu; bu balon, onun uzayı eğmesini ve ışıktan daha hızlı hareket etmeyi mümkün kılar. Sürecin, mühendislerin oluşturmak ya da bir yerlerden bulmak zorunda kalacağı, bir ton kadar egzotik maddeye ihtiyacı vardır. NASA mühendisleri, minik eğme baloncukları yaratmak için lazer ışınlarını kullanarak ışıktan daha hızlı kendi eğme motorlarının bir prototipini inşa ettiler. Bu, heyecan verici bir atılımdır; belki de gelecekte, ışıktan hızlı eğme motorlarına (warp sürücü motorlarına) sahip ilk uzay gemilerinin "yukarılarda" dolandığını görebileceğiz.

Galaksi Gafları

Bütün bilimkurgu hikayeleri ışıktan daha hızlı seyahatin detaylarını doğru bir şekilde sunmaz. Örneğin *Yıldız Savaşları: Yeni Bir Umut* adlı filmde Han Solo, Obi-Wan Kenobi'ye "Millennium Falcon'u hiç duymadın mı? Kessel Run'ı on iki parsekten daha kısa sürede geçen gemidir o," der. Parsek zaman değil mesafe birimi olduğu için, filmi izleyen astronomi meraklısı seyircilerin yüksek sesle olmasa da iç geçirdikleri muhakkaktır.

DÜNYA DIŞI YAŞAM

Orada Birileri Var mı?

Son zamanlarda "oralarda" yaşam bulma ihtimali astronominin ayrılmaz bir parçası oldu. Mars'ın keşfi, çoğunlukla yabancı yaşam formları ya da en azından yaşamı destekleyecek şartlar bulma umuduyla teşvik edildi. Başta Jüpiter'in Europa ve Satürn'ün Enceladus ile Titan adlı uyduları olmak üzere, güneş sistemimizdeki bazı uyduların ortamı hakkında edinilen yeni bilgiler biyologları yaşamın gelişmesine uygun şartlara dair Dünya'yı baz alarak yaptıkları tanımları genişletmeye zorladı. Bu yerler daha soğuk ve Dünya'ya kıyasla insan yaşamı için daha az elverişli olsa da, mikroplar gibi başka yaşam formlarını destekleyebilme ihtimalleri var.

Komşu güneş sistemlerinde sayısız gezegen var. *Kepler* uzay aracı, diğer yıldızların etrafında, "dış gezegen" denen Dünya benzeri gezegen avına çıktı ve hepsi bildiğimiz türden bir yaşama elverişli olmasa da pek çok aday gezegen buldu. Şili'deki Avrupa Güney Rasathanesi'ni kullanan astronomlar, Dünya'dan 4,37 ışık yılı uzakta bulunan, Alfa Centauri B'nin etrafında dönen Dünya boyutunda bir gezegen bile buldular. Yeni keşfedilen gezegen çok sıcak ve yıldızına yaşama elverişli olamayacak kadar yakın olsa da bu keşif, başka bir yerde yaşam bulma yolunda bir başka adım olmuştur. Yaşam için uygun habitatlara sahip, Dünya'ya benzer ilk gezegen önünde sonunda bulunacak ve bu keşif kozmosa ve kendimize bakışımızı kökünden değiştirecektir.

Düşlerimizdeki Uzaylılar

Uzaylıların gezegenimizi ziyaret ettiği fikri yirminci yüzyılın ortalarında başladı. Uçan daireler (UFO'lar) II. Dünya Savaşı'ndan kısa bir süre sonra görülmeye başlandı; ardından da Amerika Birleşik Devletleri'nin güneybatıdaki çöllere çarpan ya da gizli askeri tesislerdeki dondurucularda tutulan uzaylılarla ilgili inanılmaz dere-

cede karmaşık hikâyeler baş gösterdi. İşin ilginç yanı, o “uzaylılar” neredeyse bir düşü andıran bir tanımlamayla, kedi gözüne benzeyen gözleri ve oldukça soluk, beyaz tenleri haricinde bir şekilde insanlara benziyorlardı. Kaçırılma hikâyeleri (uzaylıların insanları, inekleri ve koyunları zor kullanarak ya da uyuşturarak, birtakım menfur amaçlarla gemilerine bindirmeleri) bilim-kurgu kitaplarına ve filmlerine konu oluyordu. İnsanlar bu olaylara, ilginç, psikolojik açıklamalar sundular. Bu olaylar sıklıkla, kurbanlar tam uyumaya gidecekken meydana geldiğinden, şüpheçiler insan zihni tam uykudan önce kendini kapatmaya hazırlanırken bu düşlerin oluştuğunu ileri sürdüler.

Drake Denklemi

Diğer gezegenlerde uzaylılar olup olmadığını şu anda bilmenin bir yolu yok. Yine de bu bizi evrende ne kadar yaşam olabileceğini tahmin etmeye çalışmaktan alıkoymaz. 1960’ların başında uzaylı medeniyetlerinden gelecek sinyalleri araştırmak üzere radyoastronomiyle uğraşan astronom Frank Drake (1930–), galakside kaç tane medeniyet olabileceğini tahmin etmemize yardımcı olacak bir denklem buldu:

$$N = R^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

N, galaksimizdeki bizimle iletişim kurma becerisine sahip medeniyetlerin sayısıdır.

N’ye ulaşmak için aşağıdaki unsurları çarpmanız gerekir:

- R^* — her yıl galaksimizde oluşan ortalama yıldız sayısı
- f_p — bu yıldızlardan gezegenlere sahip olanların sayısı
- n_e — yaşamı destekleme potansiyeli bulunan gezegenlerin sayısı (gezegeni olan her bir yıldız için)
- f_i — bir çeşit yaşamı geliştirmeye fiili olarak devam eden gezegenlerin sayısı

- f_i — zeki bir yaşam geliştiren gezegenlerin sayısı
- f_c — kendi varlıklarını duyurmaya (radyo sinyalleri vs.) yetecek kadar teknolojik açıdan gelişmiş medeniyetlerin sayısı
- L— bu medeniyetlerin "Buradayım" sinyallerini göndermeye başlamaları için gereken süre

Bu unsurlardan çoğunun değerleri denkleme yerleştirilebilmektedir. Görünüşe bakılırsa bazı ihtiyatlı tahminlere göre bile, Samanyolu'ndaki medeniyetlerin sayısı yaklaşık 200 milyon olabilir. Bu elbette ki sadece iyi bir tahmin yapabilmemiz için, bazı rakamlara dayanan basit bir hesaplama değildir. Nüfuslarını yıldızların ötesine yaymış daha eski, diğer topluluklarla bağlantısı sayesinde doğmuş olabilecek medeniyetleri kapsamaz. Yine de yıldızların arasında kaç tane uzaylı medeniyeti olabileceğini düşünmek için iyi bir yoldur.

ET Nasıl Görünür?

Dünya'daki yaşam, galaksinin diğer tarafında da tekrarlanabilecek bir takım şartlar altında doğdu. Suyu olan karasal türde bir gezegende doğduk. Burada, yaşamın kimyasal öncüllerinin tohumları mevcuttu ve sonunda da ilk yaşam formları oluştu. O andan itibaren, evrimsel değişiklikler gezegenimizin yaşam formlarının görünümünü biçimlendirdi. Bizler insanoğluyuz: İki taraflı simetrik büyük beyinlere, dil becerisine, uzun süreli üreme döngüsüne, Güneş'ten gelen ışığa duyarlı gözlere ve –gezegenimizdeki şartlarda hayatta kalmamız ve gelişmemiz için gerekli belirli evrimsel gelişmelerden dolayı– başka özelliklere sahibiz.

Başka bir gezegende doğacak zeki bir yaşam formunun da bizim gibi evrimleşeceğini söyleyemeyiz. Diyelim ki Tau Ceti IV'ten bazı arkadaşlar bizi ziyarete geldi. Dört kolları, iki bacakları, tek bir tane kocaman gözlere ve bizimkinden daha büyük beyinleri var. Koku duyuları kendi çevrelerine uyumlu, gözlere de elektromanyetik spektrumun biraz daha farklı bir aralığına alışkın. Dört kolları olduğu için bir iletişim biçimi olarak jestlere karşı oldukça tuhaf bir hassasiyetleri var. Bizim dostane sandığımız bir "selam" ve sağ elimizi sallamamız onlar için tamamen başka bir anlama geliyor ola-

bilir. Bizim duyduğumuzdan farklı frekansları duyuyor olabilirler ve bu sebeple de bizim konuşma örüntülerimizi çözemeyebilirler. Ten rengimiz bile onlara hiç düşünmediğimiz şifreli bir mesaj gönderebilir. Onların dillerinin bizimki gibi olmayacağı da kesin. Yani onlarla tanıştığımızda (tabii tanışırsak) bu her iki medeniyet birbiriyle iletişime geçmeden önce zorlu bir öğrenme süreci yaşayacaktır.

ET Arayışı

Araştırmacılar, uzak medeniyetlerden gelecek radyo sinyallerini dinleyerek ET arayışındalar; bu keşif sürecine de Dünya Dışı Akıllı Yaşam Araştırması (SETI) denmektedir. Mevcut araştırmaların en aktiflerinden biri, diğer medeniyetlerden gelecek hafif sinyalleri dinlemek için bir dizi Allen Teleskopları Dizisi adlı radyo teleskopları kullanan, Kaliforniya'daki SETI Enstitüsü'nde yürütülmektedir. En olası sinyaller, "su birikintisi" denen elektromanyetik spektrum bölümünden gelebilir. Radyo bandının bu oldukça sessiz kısmı, nötr hidrojen gazı ve hidroksil molekülünün radyo sinyalleri yaydığı yer gibi görünmektedir. Bu molekülleri birleştirdiğinizde su (H_2O) elde edersiniz. Su kozmostaki yaşamın esasıysa, o zaman spektrumun bu bölgesi, sinyal aramak için uygun bir yer gibi görünmektedir.

ET bulmak için ilgi çekici bir başka fikir de onların askeri radarlarından ya da belki de radyo veya TV sinyallerinden (tabii böyle şeylere sahiplerse) yayılan kırmızıya kayan dalga boylarını ya da frekansları aramaktır. Varsayım şu yöndedir: Medeniyetler bu teknolojileri kullanıyorsa, kullanılan frekanslar uzaya yayılır. Bu sinyaller Dünya'da, daha yeni olan radyo teleskoplar serisiyle tespit edilebilen düşük-frekanslı radyo yayınları olarak belirir. Evrende yaşam olup olmadığını araştırmanın bir başka yolu da uzak gezegenlerin atmosferlerinden geçen yıldız ışığını incelemektir. Yaşam, havaya belirli kimyasal bileşenler salan süreçlerden geçer. Bu atmosferik moleküller ışığın belirli dalga boylarını emerek muhtemel yaşamlara dair spektral ipuçları sağlar. Bu sebeple uzaktaki bir yıldız ışığının spektrumları bir gezegende yaşamın doğup doğmadığını ortaya çıkarabilir.

ASTRONOMİNİN TARİHİ

Kozmosu Öğrenmek

Astronomi tarihi, insanın gökyüzünü sadece gözlemlemenin ve ondan bir takvim ya da navigasyon aracı olarak faydalanmanın ötesine sıçrayıp onu aktif olarak keşfetmesinin ve yıldızları, gezegenleri, galaksileri anlamaya çalışmasının öyküsüdür. Bu sıçramayı yapmak 3000 yıl sürmüştür; bu süreç içinde gökcisimlerinin tapılacak varlıklar olarak görülmesi de, gökyüzüne yönelik oldukça derin bir bilimsel ilgi doğurmuştur.

Nasıl Başladı?

Her gün avlama-toplama görevlerinizi yerine getirmek için didinip karanlık çöktükten sonra da gecenin yaratıkları sizi ve ailenizi yemesin diye taştan evinize saklanan bir mağara adamı olduğunuzu hayal edin. Geceleri ancak, mağaranızdan çok uzaklaşmadan kısa süreli olarak dışarı çıkıyorsunuz. Ve bir gün, gökyüzündeki parlak şey ufkun ardında kaybolduktan sonra, tam mağaranıza doğru yola koyulmak üzereyken kafanızı kaldırıyor ve gece göğünü bütün ihtişamıyla gerçek anlamda fark ediyorsunuz. Küçük, parlak ışık noktaları size göz kırptırıyor. Belki gökyüzünde hilal şeklinde bir Ay da var. Bütün bunların ne olduğunu tam olarak anlamıyorsunuz. Gördüğünüz her şey erişilemez bir yerde olsa da onları izlediğiniz yıllar boyunca, gökyüzündeki ışıkların her daim aynı yolu izlediklerini fark ettiniz. Belki de gördüğünüz şeyleri mağaranızın duvarına veya bir hayvan postuna çizerek kayıt tutmaya karar veriyorsunuz. Böylece diğerlerine de bunları öğretebilir ve hem sizin, hem de klanınızın hayatta kalması için gerekli bilgileri artırmış olursunuz.

Arkeoastronomi

Eski insanların gökyüzünü nasıl incelediklerini bilmek ister misiniz? Arkeoastronomi, atalarımızın gökyüzü hakkında bildiklerini ortaya çıkarmak için geliştirilmiş arkeolojik teknik uygulamalarıdır. Eski insanlar, gökyüzünü bir takvim ve zaman göstergesi olarak kullandılar. Pek çok yere gökyüzündeki cisimlerle hizalanmış dev tapınaklar diktiler; Mısır'daki piramitler, Orta Amerika'daki Maya Piramitleri, İngiltere'deki Stonehenge, bunlardan bazılarıdır. Arkeoastronomlar en çok da, gök cisimlerinin ilk kültürler için ne anlama geldiğiyle ilgilenmektedir. Bu bilim göksel cisimleri incelemekle pek ilgilenmez; daha ziyade kadim insanların, kendi kültürel inançları ve uygulamalarıyla, gökyüzünde gördükleri şeyleri nasıl örtüştürdüklerini öğrenmeye çalışır.

Tapınma Yeri Olarak Gökyüzü

Gezegeneimizdeki her kültür gökyüzünü izledi ve gezegenlerin, Ay'ın, Güneş'in ve yıldızların yıl boyu yaptıkları karmaşık hareketleri merak etti. Bu cisimler uzunca bir süre tanrılar ve tanrıçalar olarak kabul edildiğinden insanlar onlara tapıyordu. Eski Yunanlar, Mısırlılar, Çinliler, Hintliler, Aztekler, Mayalar, Koreliler, İlk Milletler ve başka pek çok halk gökyüzünün kendi ilahlarının meskeni olduğunu düşündü. Astronomileri çıplak gözle yapılan gözlemden ibaretti ve hem yön bulmak hem de zamanı ölçmek için Güneş, Ay ve yıldızları kullanıyorlardı.

Bilimsel Gökyüzü

Bilimsel bir akla sahip ilk gözlemciler arasında kendi yaptıkları teleskoplarla gökyüzünü inceleyen Nicolaus Copernicus (1473–1543), Johannes Kepler ve Galileo Galilei yer almaktadır. 1610 yılında Galileo'nun Jüpiter'e bakışı gezegenlere bakışımızı değiştirdi. Gökyüzündeki cisimler sadece ışık noktaları değil, bambaşka dünyalardı.

Yıllar içinde daha iyi ve daha yeni teleskoplar sayesinde gökyüzünde çiftyıldızlar ve bulutsular keşfedildi ve bunların kâşifleri bu cisimlerin ne olduğunu bulmaya koyuldular. "Doğa felsefesi" bilimi, evrendeki cisimleri ve olayları açıklamak için matematik, kimya ve fiziği kullanır. Nicolaus Copernicus, Güneş'in etrafında dönen gezegenlerle, güneş merkezli güneş sistemi modelini buldu. Gezegen hareketleri kanunları Johannes Kepler tarafından geliştirildi; Sör Isaac Newton tarafından icat edilen fizik kanunları da uzaydaki cisimlerin hareketlerini açıklamaya yardımcı oldu.

Evrenin Kanunları

Astronomlar fizik kanunlarını ve yörünge hareketini anlar, bunlar hakkında bilgi edinir ve bu bilgileri güneş sistemi dışındaki gezegenlerin keşfi, galaksiler içinde ve etrafındaki karanlık maddenin varlığı, kara delikler etrafındaki maddelerin hareketleri gibi çok çeşitli araştırma alanlarında uygularlar.

Astronomideki gelişmeler, teleskopların ve cihazların yapılmasına elverecek denli hızlı gerçekleşti. Fotoğraf ve spektroskopideki metotlar astronomi gözlemlerine uygulandıkça astrofizik bilimi gelişti. Teleskoba kamera takılabilmesiyle, astronomlar uzun pozlamayla silik ve uzak cisimlerin resimlerini çekme imkânı yakaladılar. 1876 yılında Vega, fotoğraflanan ilk yıldız oldu.

Gökcisimlerinin ışıklarını spektrograftan geçirmek, astronomların yıldızları, gezegenleri, bulutsuları ve galaksileri kontrol eden kimyasal yapı ve fiziksel süreçlere dair fikir sahibi olmasını sağladı. 1800'lerin sonu ve 1900'lerin başında dünyada, yeni bir astronomi gözlemevi türü ortaya çıktı; bunlar, uzak evrenin mümkün olduğunca çok resmini çekmek için tasarlanmış çoklu dalga boyu sensörlü ve özel üretilmiş kamera teçhizatına sahipti.

Günümüz astronomları ve astrofizikçileri, eski gözlemcileri şaşkına çevirecek ve memnun edecek bir dizi yer ve uzay teleskobuy-

la gökyüzünü incelerler. Kepler'in, kendi adının diğer yıldızların etrafında dönen gezegenleri araştıran bir sondaya verildiğini duysa ne diyeceğini bir düşünün. Ya da Galielo'nun, Jüpiter yörüngesinde görev yapan, kendisiyle aynı adlı uzay aracından gelen bilgilere göz atmak için neler yapacağını... Evrenin genişlediğini keşfeden Edwin Hubble ise, evrenin aslında ne kadar geniş olduğunu keşfetmekten mutluluk duyardı.

Ömer Hayyam ve Takvim

Batı'daki astronomi araştırmalarında boşluk dönemi, Avrupa'daki Karanlık Çağ'a (kabaca 400-800 yılları arası) ve Ortadoğu, Kuzey Afrika ve İspanya'nın büyük kısmını kapsayan İslam İmparatorluğu'nun doğuşuna rastlar. Müslüman astronomlar, sekizinci yüzyıldan on dördüncü yüzyıla kadar dikkatlerini, astronomi hakkındaki eski Yunan yazılarını çevirip korumaya harcadılar. Ayrıca, zamanı ölçmek, takvim yapmak, gökyüzünün ve içindeki cisimlerin tutarlı çizelgelerini hazırlamak için matematik araçları geliştirdiler. Bugün bile gökyüzündeki pek çok yıldız Arapça isimler taşır. Bu İslam âlimlerinden en iyi bilineni, bir matematikçi, astronom ve şair olan Ömer Hayyam'dır (1048-1131). Hayyam, günümüzde İran olan, eski Pers İmparatorluğu'nun İsfahan şehrinde bir gözlemevi inşa etti; gözlemlerini de İran ve Afganistan'da hâlâ kullanılmakta olan bir takvim yaratmak için kullandı. Zamanla, Rönesans'ın yeşermesiyle, Avrupalı âlimler astronomiye ilgi duymaya başladılar ve Hayyam ile âlim arkadaşları bildiklerini onlara aktardılar.

NICOLAUS COPERNICUS

Kopernik Devrimi

Bugün dünyada 11.000'den fazla astronom var ve onların her biri, gökyüzünü bilimsel açıdan incelenmesi gereken bir yer olarak gören, geçmişteki büyük düşünürlerin omuzlarında yükseliyorlar. Bugün insanların modern astronominin "kurucuları" olarak kabul ettiği kişiler arasından, yıldızları ve gezegenleri anlamamıza ilk büyük katkıları sağlayan adam, çalışmalarını bir teleskop olmaksızın yapmıştı. Adı Nicolas Copernicus olan bu astronom Avrupa'da Rönesans döneminde yaşadı.

Copernicus çalışmalarını, İtalya'nın Floransa kentinde on beşinci yüzyılda başlayıp on yedinci yüzyıla kadar süren büyük kültürel ve bilimsel gelişmeler döneminde yürüttü. Floransa'da politika, sanat, din ve kendilerini geliştirmek isteyen bir grup insan bir araya gelmişti. Matbaanın da icadıyla, bu insanların fikirleri, Avrupa'yı kasıp kavurdu. Zaman içinde Rönesans'ın idealleri, sadece sanat ve müzik alanında değil, bilim ve teknoloji alanında da devrim yarattı. Özellikle astronomi ve doğa bilimleri alanında Kilise'nin değişmez görüşlerine bile meydan okudular. 1492 yılında Amerika'nın keşfi, insanların dünyaya bakışını daha da değiştirerek eski fikirleri sorgulamayı ve yeni fikirler keşfetmeyi teşvik eden entelektüel bir ortam yarattı.

Dünya Merkezli Evren

Rönesans gelişmelerinden önce klasik astronomi hâlâ, gökyüzünü gözlemleyip taslağını çıkaran Yunanlı astronom ve filozof Aristoteles'in (384 MÖ – 322 MÖ) etkisi altındaydı. Aristoteles Dünya'nın, evrenin merkezinde olduğunu ileri sürüyordu. Güneş ve gezegenler bizim gezegenimizin etrafında dönüyordu; yıldızlar da bir küre üzerinde sabit duruyorlar, hiç kıpırdamıyorlardı. Bütün bunları bilmek çok güzel olsa da bu bilgiler gözlemlerle uyuşmuyordu. Güneş, Ay ve özellikle de gezegenler Aristoteles'in düşündüğü bi-

çimde hareket etmiyorlardı. Özellikle bazı gezegenler gökyüzünde ters istikamette hareket ediyor gibiydi. Bunu açıklamak üzere, Batlamyus (90–168) gibi bazı gözlemciler, bu hareketlerin taslağını çıkardılar ve bu kafa karıştırıcı gezegen hareketlerini açıklamak üzere daha büyük bir yörüngenin parçası olarak *dış çemberler* adı verilen küçük çemberler uydurdular.

Her ne kadar daha sonraki keşifler bunun yanlış olduğunu gösterse de Batlamyus'un sistemi bir dereceye kadar işledi fakat en sonunda Güneş, Ay ve gökyüzündeki gezegenlerin konumlarını gösteren bu hesaplamalara dayanan çizelgeler maalesef geçerliliğini yitirdi. Gezegen konum tablolarını güncellemek için yeni gözlemler ve hesaplamalar gerekti. Batılı bilim insanları bir kez daha göksel cisimlerin hareketlerini tahmin etme sorunuyla karşılaştığında Rönesans'taki durum buydu. İlk olarak Galileo Galilei tarafından kullanılan, yeni keşfedilmiş teleskobun yardımı olduysa da bilimsel düşüncede bir devrimi harekete geçiren şey, Nicolaus Copernicus'un teorik çalışmasıydı.

Copernicus'un Mirası

Bugün bizim için çok açık olsa da Copernicus'un döneminde, gezegenlerin Güneş etrafında dönmesi fikri sapkınlıktı. Yine de kitabı yayımlandıktan sonra Güneş'in güneş sisteminin merkezi olduğu fikri diğerlerini de –en önemlileri arasında Galileo Galilei, Johannes Kepler ve Isaac Newton vardır– Copernicus'un incelemelerini esas almaya teşvik etti.

Rönesans İnsanı Copernicus

Nicolaus Copernicus, varlıklı bir işadaminin oğluydu. Polonya'daki Krakov Üniversitesi'nde matematik ve astronomi okumuş, tıp ve hukuk okumak için de İtalya'ya gitmişti. İtalya'da olduğu sırada Batlamyus'un gezegen hareketlerini açıklayan metodunu sorgulamaya başlamıştı. Gezegenlerin ve diğer göksel cisimlerin hare-

ketini açıklayabilecek matematiksel hesaplamalar bulduğu için heyecanlanmıştı.

Eğitimini tamamlayan Copernicus, Katolik Kilisesi'nde piskopos olan amcasıyla yaşamak üzere Polonya'ya döndü. Sonunda rahip oldu ve tıp uygulamalarına da devam etti. Fakat üniversite-
deyken Copernicus'u cezbeden astronomi problemleri onu büyü-
lemeye devam ediyordu; onlar üzerinde de çalışmaya devam etti. Daha sonraki yıllarında bir ekonomist, çevirmen ve sanatçı olarak çalışmasının yanı sıra bir diplomat olarak da hizmet verdi.

Copernicus, gözlemleri ve çalışmaları aracılığıyla Dünya'nın, evrenin merkezi olduğu düşüncesine meydan okuyarak bütün gök cisimlerinin Güneş'in etrafında döndüğünü ileri sürdü. Matematiksel bir kesinlikle, güneş sistemindeki cisimlerin yörüngele-
rinde nasıl dizildiklerini gösterdi. Dünya'nın, uzayda sabit şekilde durmak yerine, diğer gezegenler gibi Güneş'in etrafındaki bir yörüngeyi izlediğini gösterdi.

Fikirleri, bazı bilimsel gelişmelerin Kilise ve sivil otoritelerce hoş karşılanmadığı bir dönem için gayet radikaldi. Kilise, Dünya'nın –ve içindeki insan nüfusunun– yaratımın merkezi olduğu klasik Yunan idealine bağlıydı. Güneş'i güneş sisteminin merkezine oturtmak Dünya'nın seviyesinin düşürülmesi demekti ve bu da Kilise'nin öğretilerine karşıt bir şeydi.

Buna karşın Copernicus ünlü kitabı *De revolutionibus orbium coelestium'u* (Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine) yazmaya devam etti; kitapta göklerin güneş merkezli modelini detaylıca anlatıyordu. Kitap, 1543 yılında, ölümünden yalnızca iki ay önce basıldı. Pek çok âlim bu kitabın, modern astronomi için ilk önemli adım olduğuna dikkat çekti ve artık Kopernik Devrimi olarak anılan dönemin başlangıcı kabul etti. Onun çalışması olmaksızın modern astronomi bugün olduğu noktaya gelemezdi.

Copernicus ve Para

Nicolaus Copernicus, hem matematikçi ve gökbilimci hem de bir ekonomistti. Döviz borsası ve bir toplumdaki mal ve hizmetlerin ekonomik değerleri üzerine bilimsel incelemeler yazdı. Bu konulara ilgisi doğrudan, Kilise'deki idarecilik ve rahiplik görevinden gelmekteydi.

GALILEO GALILEI

Başına Buyruk İlk Astronom

Astronomideki en büyük keşiflerden biri, 7 Ocak 1610 yılı, bir akşam İtalya'nın Padua kentinin hemen dışında gerçekleşti. Astronom Galileo Galilei yeni inşa ettiği teleskobunu Jüpiter gezegenine doğrulttu. Gördüğü şey onu hayrete düşürdü. Jüpiter tek başına bir cisim değildi. Merceğinde beliren üç adet sabit yıldız olduğunu anlattı. Galileo gördüğü şeyi çizdi ve sonraki birkaç gece boyunca bir noktanın daha belirmesini şaşkınlıkla izledi. Bu "sabit yıldızların" dördü de Jüpiter'e göre konum değiştiriyorlardı. Bu, astronomların kozmosa bakışlarını değiştiren bir gözlem idi; çünkü tıpkı gezegenlerin Güneş etrafında dönmesi gibi Jüpiter'in de onun etrafında dönen kendi uyduları vardı. Birdenbire, kozmostaki yerimiz olayların merkezinde olmaktan çıkmıştı.

Müziyenin Oyunbaz ve Asi Oğlu

Galileo Galilei, Rönesans'ın sonraki yılları olan 1564 yılında, sanat, bilim, politika ve dinin değişim geçirip yeniden doğduğu bir dönemde dünyaya geldi. Babası, usta besteci ve müzik kuramcısı Vincenzo Galilei'ydi. Vincenzo, dönemin yerleşik müzik ideallerine karşıt olan akort sistemleri ve vokal kontrpuanlar hakkında kitaplar yayımladı. Kendi döneminde keskin olarak değerlendirilen fakat bizim bugün Barok müziğin bir parçası olarak kabul ettiğimiz müzik tarzlarını denedi. Vincenzo gibi özgür düşünceli bir babası olan Galileo'nun –sadece astronomi alanında değil başka alanlarda da– düzene karşı gelmesi bir sürpriz değildi. Galileo hiç evlenmediyse de Marina Gamba isimli bir kadından iki kız bir de erkek evlat yapmaya vakit buldu. Kızlar en sonunda manastıra katıldılar ve oğlan da daha sonra Galileo'nun mirasçısı olarak kabul edildi.

Modern Gözlemsel Astronominin Kurucusu

Galileo, bir üniversite öğrencisi olarak tıp okuduysa da matematik ve fiziğe ilgi duydu. En sonunda tıbbı bırakıp, "doğa felsefesi" –doğanın ve evrenin fiziksel temellerinin incelenmesi– üzerinde çalışmaya başladı. Aynı zamanda şu anda "tasarım" dediğimiz bir bölüm okuyordu ve Floransa'da sanat öğretmeye başladı. Ayrıca Pisa'da matematik kürsüsüne atandı ve geometri, mekanik ve astronomi dersleri verdi. Galileo pek çok açıdan, sanat, mühendislik ve bilimde oldukça donanımlı, tam bir "Rönesans İnsanı" idi.

Bir bilim insanı olarak deneyciydi. Ünlü bir deneyinde, Aristoteles'in ağır nesnelerin hafif olanlardan daha hızlı düştüğüne dair fikrine meydan okumanın bir yolunu önermişti. Pisa Kulesi'ne tırmanıp farklı ağırlıklarda iki topu aşağıya atın diyordu. Yere aynı anda çarparlarsa, bu Aristoteles'in iddiasını çürütecekti. Galileo'nun testi yapıp yapmadığı, yaptıysa da ne zaman olduğu açıkça bilinmese de *On Motion* (Hareket Üzerine) adlı kitabında bütün ağırlıkların kütleçekimi ivmesiyle eşit şekilde hareket edeceklerini, yani farklı ağırlıklardaki iki topun aynı anda yere düşeceklerini tahmin etmişti.

Bunu Biliyor muydunuz?

Teleskobu Galileo Galilei icat etmedi. Bu onur, mercek taşılama konusunda usta olan Hollandalı-Alman optik bilimciler Hans Lippershy ve Zacharias Janssen ile enstrüman üreticisi Jacob Metius'a aittir. Modelleri, başkalarına da ilham vererek onları teleskoplar ve denizde kullandığımız küçük dürbünlerden yapmaya yöneltti. Galileo Galilei tasarımı gördüğünde, Jüpiter, Venüs'ün fazları, güneş lekeleri ve yıldızlara dair ilk gözlemler için kullanacağı kendi teleskobunu inşa etti.

Galileo, doğumundan yarım yüzyıl önce Nicolaus Copernicus tarafından ilk olarak ifade edilen güneş merkezli teoriyi benimsedi. Dünya'nın ve gezegenlerin Güneş etrafında döndüğü fikrini savunup bunu kanıtlamak üzere çalışmaya koyuldu. Kilise'yle ve Aristoteles'in eski evren görüşünü destekleyen gözlemcilerle mücadele etmesi gerekiyordu. Galileo, yazılarında ve deneylerinde, bilimin ve kutsal yazıların bir arada var olabileceğini göstermeye çalıştı. Yine de Kilise otoritelerinin, Copernicus'un her türlü öğretilerini yasaklamak istemesi Galileo'nun pek işine gelmedi. Her ne kadar güneş merkezli teoriyi uluorta tartışmaması konusunda uyarıldıysa da bu konuda bir kitap yazmaya karar verdi. Baş yapıtı *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog*, bu meslekten olmayan birinin filozoflarla arasında geçen bir dizi ustalıkla tartışma biçiminde yazıldı. Bir filozof Copernicus'un fikirlerini temsil ederken, diğeryse Aristoteles ve Batlamyus'unkileri destekliyordu. Bu konuda bilgisi olmayan kişiye tarafsız bir gözlemciydi.

Kitap çıktığında Kilise yöneticileri çok öfkelenerek, onu Kilise öğretilerine karşı fikirleri desteklemekten hapse atmakla tehdit ettiler. Galileo gözlemlediği şeyleri yazmaya devam etti ve 1633 yılında sapkınlıktan suçlu bulunarak fikirlerinden vazgeçmeye zorlandı. Kitabı, Kilise'nin yasaklılar listesine kondu ve otoriteler, Galileo'nun yazılarını kimsenin basmamasını emretti. Hayatının geri kalanı boyunca ev hapsinde kaldı. Bu durum Galileo'yu, 1642 yılındaki ölümüne dek gökyüzünü izleyip çalışmaları hakkında yazmaktan alıkoymadı. 1638 yılında basılan son kitabı *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar* Galileo'nun yaptığı pek çok bilimsel deney ve araştırmayı içerir. Ev hapsi sırasında yazdığı kitap (Galileo'nun eserlerinin yayımlanmasına ilişkin papalık emirlerini umursamayan) Hollanda'da basıldı.

Galileo'nun Astronomiye Katkıları

Galileo'nun astronomideki başarıları, gözlemsel bilim için mühim bir miras bırakır. Teleskobunu gökyüzüne ilk çeviren astronom, onunla Jüpiter'in Galileo uydularını keşfetti, Venüs'ün farklı fazlarını gözlemledi ve güneş lekelerinin –Güneş'teki, manyetik solar aktiviteyle bağlantılı olduğunu bugün artık bildiğimiz bölgeler– ilk detaylı gözlemlerini gerçekleştirdi.

Galileo ve Kilise

Katolik Kilisesi, 1758 yılında Galileo'nun yazılarına uyguladığı yasağı sessizce kaldırdıysa da Kilise'nin Galileo'ya yaptığı muameleden dolayı haksız olduğunu itiraf etmesi 242 yıl daha sürdü. Papa II. Jean Paul 1992 yılında, Galileo meselesinin "hatalı bir şekilde ele alındığını" sonunda kabul etti.

JOHANNES KEPLER

Matematik Dehası ve Astronom

Johannes Kepler küçük bir çocukken unutulmaz bir şeye, 1577 yılında geçen büyük kuyrukluyıldıza şahit oldu. Kuyrukluyıldız Dünya'ya çok yakın geçtiğinden gece göğünde büyük ve parlak görünüyordu. Avrupa'nın bir başka yerinde, astronomiye karşı bir tutku duyan, Danimarkalı soylu Tycho Brahe (1546–1601) kuyrukluyıldızın konumuna ilişkin dikkatli hesaplamalar yaptı. Kepler, yıllar sonra, tuhaf bir tesadüf eseri, Brahe için çalışmaya geldi ve yaşlı astronomun kuyrukluyıldızın geçişine ve gezegenlerin gökyüzündeki hareketlerine ilişkin aldığı notlar, Kepler'i, kendi adını taşıyacak olan gezegen hareketlerinin üç yasaını formüle etmeye teşvik etti.

Güneş Merkezli Modelin Meşalesini Taşımak

Johannes Kepler 1571 yılında Almanya'da doğdu. Çocukken, matematiğe büyük ilgi duymaya başladı; altı yaşına geldiğindeyse astronomiye kafayı takmıştı. Üniversitede felsefe ve teoloji okudu, Claudius Batlamyus'un Dünya merkezli kozmolojisiyle, Nicolaus Copernicus'un geliştirdiği Güneş merkezli güneş sistemini öğrendi. Güneş merkezli sistem fikri Kepler'in ilgisini çekse de o dönemde, Dünya'nın Güneş etrafında dönmesi fikrini savunmak kâfırlıktı. 1600'lerin başında Galileo Galilei bu fikri sırf önerdiği için bile ev hapsine alınmıştı. Yine de Kepler'e göre, gezegenlerin Güneş etrafında dönmeleri, yıldızlı gökyüzündeki hareketlerini açıklamaya yardımcı oluyordu.

Kepler, 1594 yılında, otuz üç yaşındayken daha sonra Avusturya'daki Graz Üniversitesi olan okulda matematik ve astronomi hocası oldu. Derhal Copernicus'un sistemini savunmak için çalışmaya koyuldu. Ayrıca evrenin bir ahenk ve geometri üzerine kurulu olması fikri de onu büyüleyordu. Pek çok harika hesaplama yaparak gezegenlerin gözlemlenen yörüngesel konumlarını, gezegen-

lerin Güneş'e olan mesafeleriyle uyumlu, bir dizi iç içe geçmiş geometrik cismin içine yerleştirmeye çalıştı. Bunun, Tanrı'nın evreni mükemmel bir geometriyle yaratma planını açıklamaya yardımcı olacağını düşünüyordu. Kepler ilk eğitimini papazlık okulunda aldığından ve gayet dindar biri olduğundan böyle bir şey istemesi şaşırtıcı değildi. Bilim ve dinin bir arada var olabileceğine ve evrenin gerçekten de Tanrı'nın suretinde yaratıldığına inanıyordu. Bu konu hakkındaki düşüncelerini ana hatlarıyla oluşturup *Mysterium Cosmographicum* (Kozmografik Gizem) adlı kitabında Copernicus'un güneş merkezli fikirlerini savundu. 1596 yılında basılan kitap Kepler'i derhal Avrupa'daki önde gelen astronomlardan biri haline getirdi.

Kepler Uzay Aracı

NASA'nın Johannes Kepler'in adını verdiği, diğer yerlerdeki gezegenleri araştıran bir uzay aracı mevcuttur. 2009 yılında fırlatılan araç, uzak yıldızların ışığının periyodik olarak sönükleşmesini gözlemlemektedir; bu periyotlar yıldızın çevresinde dönen gezegenlerin varlığına işaret edecektir. Astronomlar, *Kepler* uzay aracının Kepler'in yörüngesel hareket kanunlarını kullanarak bulduğu gezegenlerin yörüngelerini hesaplamak için *Kepler* verilerini kullanmaktadırlar.

Tycho Brahe'li Yıllar

Kepler, *Mysterium Cosmographicum*'un yayımlanmasından sonra, Prag yakınlarında bir gözlemevi inşa etmekte olan daha yaşlı ve daha deneyimli astronom Brahe ile yazışmaya başladı. Brahe, oldukça tanınmış, yetenekli bir gözlemsel astronomdu. Kepler'e yazdığı mektuplarında, genç meslektaşının işlerinin bazılarını eleştirip onu hatalı veri kullanması konusunda uyardı. Kepler, yaşlı astronomun kendisine biraz destek sağlayabileceğini umarak Brahe'nin davetiyle onu ziyarete gitti. Davetin zamanlaması tamamen

tesadüf idi: Graz'da işler iyi gitmiyordu; Kilise, işini koruyabilmesi için Kepler'in ve ailesinin Katolikliğe geçmesini istiyordu. Kepler mezhep değiştirmeyi düşünmediğinden Brahe ile çalışmaya devam etti. Sonunda da ailesiyle birlikte Prag'a taşındı.

Sonraki yıllar Kepler'in, yaşlı astronomun kapsamlı gezegen ve yıldız gözlemlerini analiz etmesiyle geçti. Brahe 1601 yılında öldü ve Kepler onun yerine imparatorluk matematikçisi olarak atandı. Bunun ardından, sonraki on yılı, Kutsal Roma İmparatoru II. Rudolf'un anısına Rudolf Cetvelleri adı verilen bir dizi yıldız kataloğu ve gezegen çizelgesi üzerinde çalışarak geçirdi. 1627 yılında basılan tablolar İmparator II. Ferdinand'a ithaf edildi.

İmparatorluk Matematikçisi/İmparatorluk Astroloğu

Kepler'in görevlerinden biri de üniversite öğrencisiyken yaptığı ve oldukça yetkin olduğu astroloji okumalarında İmparator Rudolf'a danışmanlık sunmaktı. Saray danışmanı olarak yıldıznameleri epey revaçta olmasına rağmen Kepler bunların, geleceği tahmin etmede hiçbir bilimsel tabanı olmadıklarını düşünüyordu. Fakat bu iş sayesinde Tycho Brahe'nin engin gözlem dizilerini analiz etmeye devam edebiliyordu. Kepler 1609 yılında, gezegen hareketlerine ilişkin ilk iki kanunu yayımladı. O dönem astronomlar yörüngelerin, mükemmel daireler olmaları gerektiğini düşündüğünden kanunlar pek iyi karşılanmadı. Fakat Mars'ın yörüngesinin, yıllar süren gözlemsel verilere dayalı kesin hesaplamaları sebebiyle Kepler, gezegen yörüngelerinin eliptik olduğuna emindi. Gezegen hareketlerine ilişkin üçüncü kanununu geliştirmek için yeterli bilgiye erişene dek matematiksel hesaplamalarla on yıl daha geçirdi.

Kepler'in Gezegen Hareketleri Kanunları

1. Kepler, Mars'ın tuhaf görünümlü yörüngesine dair sorunu çözmek için Brahe'nin gözlemlerini uyguladı. Mars'ın eliptik bir yörüngeyi takip ettiği sonucuna vardı. Bu da onu gezegen hareketlerinin ilk kanununa götürdü: *Bir gezegen Güneş'in etrafında*

eliptik bir yörüngede döner ve Güneş elipsin odak noktalarından birinde bulunur.

2. Kepler soruna biraz geometrik açıdan yaklaşarak yörüngesel hareketin ikinci kanununu buldu: *Bir gezegeni güneşe bağlayan çizgi, gezegen Güneş'in etrafında dönerken eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar.*
3. Kepler bunun ardından yörüngesel periyotları (yani bir gezegenin Güneş etrafında dönmesi için gereken süre) hesaplamak için matematiği kullandı. Bunun sonucu üçüncü kanundu: *Bir gezegenin yörüngesel periyodunun karesi, dolandığı elipsin yarı ana ekseninin uzunluğunun küpü ile doğru orantılıdır.*

Johannes Kepler, 1630 yılında öldüğünde ardında, modern bilim insanlarının ilgisini çekmeye devam eden bir astronomi, matematik ve bilim felsefesi araştırması mirası bıraktı. O, Nicolaus Copernicus ve Galileo Galilei'nin yanı sıra modern astronominin kurucularından biri sayılır.

Kepler'in Eserleri

Johannes Kepler pek çok konuda bilimsel eserler yayımladı. Astro-nomiyle alakalı diğer eserlerinden bazıları şunlardır:

1. *Astronomia Pars Optica* (Gökbilimde Optikler)
 2. *Astronomia Nova* (Yeni Gökbilim)
 3. *Dissertatio cum Nuncio Sidereo* (Yıldızlı Ulakla Sohbetler, Galileo Galilei'nin gözlemlerinin onaylanması)
 4. *Harmonice Mundi* (Gezegenlerin Ahengi, burada Kepler geometrideki ahengi ve uyumu tanımlayarak gezegen hareketlerine ilişkin üçüncü kanununu sunar)
-

HERSCHELLER

Astronomide Aile İşleri

Ebeveynlerin zeki olduğu, çocukların iyi notlar alıp okul dışında harika aktivitelerde bulunduğu aileleri hepimiz biliriz. İngiltere'deki Herschel ailesi işte böyle bir aileydi; Sör Frederick William Herschel (1738–1822), kız kardeşi Caroline (1750–1848) ve oğlu John (1792–1871) bu ailenin mensuplarından. Alman-İngiliz gözlemcilerden oluşan bu yetenekli üçlü şunlardan sorumludur:

- Bir gezegen keşfetmek
- Yüzlerce çift ve üçlü yıldız sistemlerinin taslağını çizmek
- Gezegensimsi bulutsularını keşfetmek
- Bulutsular, galaksiler ve kuyruklu yıldızlar dahil olmak üzere uzaktaki yıldızsı olmayan cisimlerin derin-uzay gözlemlerini tamamlamak
- Kızılötesi ışığı keşfetmek
- Günümüzde hâlâ kullanılmakta olan muazzam gök cisimleri katalogları hazırlamak

Bunlar yetmezmiş gibi Herscheller teleskoplar da inşa ettiler ve bitkilerle hayvanları mikroskop altında inceleyerek çok küçük dünyaları bile incelediler. Ailenin çalışmaları, İngiltere'deki Herschel Astronomi Müzesi'nde özenle korunmaktadır.

Aile Reisi

Sir Frederick William Herschel 1738 yılında Almanya'nın Hannover kentinde doğdu. Müzisyenlik eğitimi aldıktan sonra yirmi dört adet senfoni besteledi. Keman, çello, obua, klavsen ve org çaldı. İngiltere'ye taşındıktan sonra Newcastle orkestrasında ilk kemancı olarak görev aldı. Buradan Leeds'e taşınarak kilise orgcusu oldu; sonunda da Bath orkestrasının yöneticisi oldu. Müzik sevgisi en sonunda onu matematiği ve ışık bilimi araştırmalarını keşfetmeye

yönlendirdi. Kraliyet Astronomu Sir Nevil Maskelyne ile arkadaş oldu ve teleskoplar inşa etmeye başladı.

İsmin Ne Önemi Var?

Sör William Herschel, güneş sistemindeki minik gezegenleri tanımlamak için asteroit kelimesini uydurdu. Ayrıca yıldızların özdevinime sahip olduklarını (yani uzayda hareket ettiklerini) fark ettikten sonra güneş sisteminin uzayda hareket ettiği sonucuna vardı. Teleskobu yeterince güçlü olduğundan, Mars'taki buzulları görebiliyor, mevsimler değiştikçe bunların büyüyüp küçüldüğünü gözlemleyebiliyordu.

Herschel 1773 yılında, yıldızlar ve gezegenlerle ilgili sayısız gözlemini kaydetmeye başladı. Hayatı boyunca çok dikkatli gözlem günlükleri tuttuğu için, çiftyıldızların ve uzaktaki diğer cisimlerin görünüşleri ya da konumlarında herhangi bir değişiklik olup olmadığını anlamak adına sık sık günlüğündeki eski notlara bakarak bunları yeniden gözlemlerdi. Notları, ünlü Derin Gökyüzü Kataloğu ve Çiftyıldız Kataloğu'nun yanı sıra *500 Yeni Bulutsu, Bulutsu Yıldızlar, Gezegenimsi Bulutsu* ve *Yıldız Kümeleri* kataloglarının da temellerini oluşturdu. Sör William Herschel aynı zamanda, yıllar içinde yaptığı yıldız gözlemleri sayesinde Samanyolu'nun disk şekilli bir yapısı olduğunu da ileri sürebildi.

Uranüs'ü Keşfetmek

Zamanının çoğunu çiftyıldızları araştırarak geçiren Sör William Herschel sonunda, yaklaşık bin tane çoklu yıldız sistemi buldu. 1781 yılının Mart ayında gözlem yaparken, ayırt edici biçimde yıldızsı olmayan bir gökcismi tespit ettiğini sandı. Bunu olası bir yıldız ya da kuyruklu yıldız olarak not alıp geçti. İleriki gözlemler bu cismin, çok çok yavaş olsa da hareket ettiğini gösterdi. Herschel, bu gizemli cismin yörüngesini hesapladıktan sonra Herschel'in bir

gezegen keşfetmiş olabileceğini ileri süren, Rus bilim insanı Anders Lexell (1740–1784) ile çalıştı. Verileri inceleyen Herschel ona hak verdi ve bulduğu gezegene İngiltere Kralı III. George'a atfen "George Yıldızı" ismini verdi fakat toplu karar, gezegenlerin klasik mitolojik öğelerin ismini taşıması yönündeydi. Böylece Herschel'in keşfi, göklerin Yunan tanrısından dolayı Uranüs ismini aldı.

Herschel ve Kızılötesi Işık

Sir William Herschel'in gökyüzünü gözlemlemeye duyduğu ilgi onu Güneş'i incelemeye yönlendirdi. Fakat Güneş'e kısacık bir an bakmak bile gözlere zarar verebileceğinden, güneş lekelerini –Güneş'te, etraflarından daha soğuk olan ve solar aktiviteyle ilgili alanlar– güvenli biçimde gözlemleyebilmek için çeşitli filtreleri inceledi. Herschel'in kırmızı bir filtreyle yaptığı deneyler ilginç sonuçlar doğurdu: Herschel, filtreden hiçbir ışık geçmese de ısıyı hissedebildiğini fark etti. Bir termometre kullanınca "görünmez" ışığın epey sıcak olduğunu keşfetti. Bu görünmez ışık, görünen spektrumun kırmızı ucunun ötesinde olduğundan kızılötesi olarak adlandırıldı.

Caroline Herschel

Caroline Herschel, kadınların bilime pek ilgi duymalarının beklenmediği bir dönemde, tıpkı meşhur abisi Sir William Herschel gibi geceleri gökyüzünden çok etkileniyordu. 1750 yılında doğmuş, sağlıksız bir çocukluk geçirmişti. On yedi yaşındayken ailesinin yanından ayrılıp İngiltere'ye göç etmiş olan William'ın yanına taşındı. Abisi gibi o da müzik eğitimi alıp başarılı bir vokalist oldu. Yine William gibi Caroline da astronomi hastalığına yakalanmıştı. William daha iyi teleskoplar inşa ederken Caroline da ayna cilalama, teleskop teçhizatını monte etme gibi işlerde ona yardımcı oldu. Abisi ona verileri nasıl dönüştüreceğini öğrettikten sonra o da kendi gözlemlerine başladı. Sekiz kuyruklu yıldız keşfettikten sonra hükümet onun hizmetlerini, özellikle de Sir William'ın araştırmaları-

na katkısını fark ederek çalışmalarından dolayı ona ödeme yaptı. Caroline, modern zamanlardaki, astronomiyle uğraşması için para alan ilk kadın olabilir; böylece de hayatının büyük kısmını abisinin astronomik hedeflerini gözlemlemek ve doğrulamakla geçirdi.

Sir John Frederick William Herschel

Sir John Herschel de tıpkı babası ve halası gibi, matematik, astronomi, botanik ve kimyayla ilgileniyordu. 1816'da astronomiyle ilgilenmeye başladıktan sonra ilk teleskobunu inşa etti. Çok geçmeden de gözlemsel astronom olan babasının izinden yürümeye başlamıştı. Babasının katalogladığı çoklu yıldız sistemlerinin çoğunu yeniden gözlemledi ve günlük Rumi takvim sistemini geliştirdi. 1833 yılında Sör John ve karısı Güney Afrika'ya seyahat etti; bu gezi sırasında babasının, yıldız ve bulutsu incelemelerini tamamlama fırsatı buldu. *10.300 Çoklu Yıldız ve Çiftiyıldız Genel Kataloğu*'nun yanı sıra *Yeni Bulutsu ve Küme Genel Kataloğu*'nu (bugün NGC olarak bilinmektedir) da yayımladı.

Herschel Uzay Aracı

Avrupa Uzay Ajansı, kızılötesi ve milimetre-altı yörüngeli teleskobuna Sör William ve Caroline Herschel'in adını verdi. Uzay aracı, yıldız oluşumu araştırmalarıyla adından söz ettirmektedir ve ayrıca AUA'nın *Rosetta*, *Planck* ve *Gaia*'nın da dahil olduğu dört uyduyla ilgili bilim programının bir parçasıdır.

ISAAC NEWTON

Fiziği ve Astronomiyi Değiştiren Adam

Cisimlerin sürekli hareket halinde oldukları genişleyen bir kozmos içinde yaşıyoruz. Bu hareketleri tanımlayan kanunların pek çoğu, yaşamına bir çiftçi olarak başlayıp daha sonra tüm zamanların etkili bilim insanlarından biri haline gelen bir İngiliz tarafından oluşturuldu. Adı Sir Isaac Newton olan bu adamın yörüngesel hareket ve kütleçekimine ilişkin kanunları her astronomun öğrendiği, temel kurallardır. Çiftçilik sektörünün kaybettiğini bilim kazanmış oldu diyebiliriz.

Newton'un Hareket Kanunları

Isaac Newton, bir cismin uzaydaki hareketini tanımlayan hesaplamalar üzerinde dikkatle çalıştı. Bunun temelinde de üç kanun olduğunu ileri sürdü:

1. Duran bir obje durmaya devam eder. Hareket halindeyse, başka bir cisim ya da kuvvet tarafından etkilenmediği takdirde hareket halinde kalır.
2. Bir kütleye kuvvet uygulandığında ivme meydana gelir. Kütle ne kadar büyükse cisme ivme kazandırmak için gereken güç de o kadar büyük olur. Fizik ve astronomi öğrencileri şu formülü öğrenir: $F = ma$; burada m kütlenin miktarını, a ise ivmeyi belirtir. Yere düşen elma örneğinde, elmanın kütlesiyle ivmesini çarparsanız bu size kuvveti (Newton adı verilen birimde) verir.
3. Her eylem için bir eşit, bir de karşıt reaksiyon mevcuttur. Bir bowling pistinde ileri doğru atılan bir top ters yönde gelen bir topa çarparsa ilk top, ikinci topa ne kadar büyük bir kuvvet uygulandığına bağlı olarak, geriye doğru hareket etmeye başlar.

Bunlar, günümüzde artık bariz kurallar gibi görünse de Newton'ın yaşadığı dönemde şaşırtıcı derecede yeni fikirlerdi.

Newton'ın Kütleçekimi Kanunu

Newton'ın geliştirdiği, doğanın en önemli kurallarından biri de evrensel kütleçekimi kanunudur. Bu kanun, kütleçekiminin evrendeki bütün cisimler üzerinde etkili bir kuvvet olduğunu söyler. Newton, iki cismin kütlesini ve aralarındaki mesafeyi biliyorsanız iki cisim arasındaki kütleçekim kuvvetini hesaplayabileceğinizi belirtmişti. Cisimler birbirlerine yaklaştıkça kütleçekim kuvveti onları birbirine daha güçlü çeker. Cisimler birbirlerinden uzaklaştıkça kütleçekimi zayıflar. Dahası, güçlü bir kütleçekim merkezi etrafında dönen cisimler, uzaklarsa daha yavaş, yakınlarsa daha hızlı dönerler. Kütleçekimi, yıldız oluşumundan kara deliklerin yaratılışına, galaksi gelişiminden atomlar arasındaki etkileşime varıncaya dek güneş sistemimizdeki cisimlerin yörüngesel mekaniğine kadar her şeyi etkiler.

Newton ve Yörüngesel Hareket

Yörüngesel hareket, evrendeki yaşamın önemli bir parçası olduğundan ona biraz daha yakından bakalım. Yörüngeler, Newton'ın ilk hareket kanununu örnekler; bu da hareket halindeki bir cismin, hareketi değiştirecek bir kuvvete maruz kalmadığı takdirde öyle kalmaya devam edeceğini söyler. Bu kanunu her gün deneyimler-siniz.  arpmak üzere olan bir kapı gördüğünüzde bunu durdurmak için elinizi kullanırsınız. Kapının hızını ve yönünü değiştiren kuvvet sizin elinizdir.

Uzaydaki hareketi değiştiren kuvvet de k tle ekimidir. Bütün fiziksel cisimlerin kütlesi vardır. Her kütlenin de diğerleri üzerinde bir çekim gücü vardır. Cisim ne kadar b y rs  kütleçekim gücü de o kadar büyük olur. Kütleçekimi ve hız, gezegenlerin Güneş etrafında, uyduların gezegenler etrafında, galaksilerin de diğer galaksiler etrafında dönmesini sağlar.

Newton'ın Yaşamı ve Çalışmaları

Isaac Newton, Galileo Galilei'nin öldüğü yıl olan 1642'de doğdu. Öğrencilik günleri sönük geçti; bir çiftçi olmak için yetiştirilse de onun başka yetenekleri vardı. Mantık, etik, fizik ve Aristoteles'in çalışmaları hakkında klasik bir eğitim almak üzere Cambridge'deki Trinity Üniversitesi'ne gitti. Mezun olduktan sonraki yedi yılını matematik üzerinde çalışarak geçirdi. Diferansiyel kalkülüsün temel prensiplerini bulduğu sırada, tesadüfen bu prensipler Almanya'da Gottfried Leibniz (1646–1716) tarafından oluşturulmuştu. Aynı zamanda ışık bilimiyle de ilgilenip dairesel hareketin matematiksel teorisi üzerinde çalıştı. 1667 yılına gelindiğinde Trinity Üniversitesi'nin bir üyesi olmuş, matematiksel becerileriyle gayet iyi tanınmaktaydı. Işık bilimi üzerinde çalışmaya devam ederek, lens yerine yansıtıcı ayna kullandığı kendi tasarımı olan bir teleskop üzerinde çalışmaya başladı. Benzer türdeki teleskoplar günümüzde Newton reflektörleri olarak bilinmektedir.

Newton, matematik ve ışık alanında devam eden çalışmalarına dayanarak 1669 yılında Lucas Matematik Profesörü (aynı kürsüde bugün Stephen Hawking bulunmaktadır) olarak atandı. Işık bilimi, ışık ve renk hakkında makaleler yayımladıktan sonra dikkatini gök cisimleri mekaniğine çevirdi. Merakı, meslektaşı Robert Hooke (1635–1703) ile yazışmaları sonucunda kabarmıştı. Newton, Hooke'un bazı eleştirilerine gücense de bu yazışmalardan –ve 1680 yılının başında beliren bir kuyruklu yıldızdan dolayı– gezegen yörüngeleri üzerinde çalışmaya yetecek kadar etkilenmişti. Çalışmalarının kanıtlarını yazarak *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) adlı kitabında evrensel hareket kanunlarını yayımladı. Bu yayını onu, bilimsel çevrelerde uluslararası bir yıldız haline getirdi ve hareketi tanımlayan çalışması, o yaşadığı sırada başlayan endüstri devrimine büyük katkı sağladı.

Newton'dan Yıldızlara!

Avrupa Uzay Ajansı, bir uzay teleskobu olan XMM-Newton x-ışını gözlemine, Newton'ı ve pek çok başarısını onurlandırmak için bu adı verdi.

Sör Isaac Newton, yaşamının sonraki kısmında derin düşüncelere dalıp din ve metafizik konuları üzerinde yazılar yazdı. 1696'dan başlayarak otuz yıl boyunca Kraliyet Darphanesi'nde müdür olarak çalıştı. Aynı zamanda Kraliyet Cemiyeti'nde Başkanlık görevi yaptı ve 1705 yılında Kraliçe Anne tarafından kendisine şövalyelik nişanı verildi. 1727 yılında öldüğünde ardında müthiş bir bilim mirası bıraktı.

Düşen Elma Meselesi

Newton'ı öğrenen her çocuğa onun evrensel kütleçekimini nasıl bulduğunun hikâyesi anlatılır: Bir elma düşer ve Newton'ın kafasına çarpar. Newton'ın kafasına bir elma düştüğünün bir kanıtı olmasa da Newton, bir elmanın düşüşünü izlerken onun neden yanlara doğru değil de dümdüz aşağıya düştüğünü merak ettiğini söylemiştir. Sonunda, Dünya'nın kütleçekimsel gücünün, yere düşen elmanın kütleçekim etkisiyle bir şekilde orantılı olduğu sonucuna varmıştır.

HENRIETTA SWAN LEAVITT

İnsan Bilgisayar

Harvard Üniversitesi Gözlemevi, 3 Mart 1912 yılında Küçük Macellan Bulutları'ndaki değişken yıldızların periyotlarının ölçümelerini açıklayan astronomi bildirilerinden birini yayımladı. Gökyüzünün çeşitli kısımlarındaki yıldız parlaklıklarına ilişkin rutin bir duyuru olmasının yanı sıra önemli bir mesaj da içeriyordu: "Bu değişkenlerin parlaklığıyla, periyotlarının uzunluğu arasında kayda değer bir ilişki olduğu görülecektir."

Bu cümle, uzak galaksilerin Samanyolu'nun bir parçası olduğunu iddia eden astronomlar için bir uyarı atışı niteliğindeydi. Daha da önemlisi, bu basit açıklama, astronomiyi seven ve astronomi alanında araştırmalar yapan fakat cinsiyeti sebebiyle patronu tarafından teorik çalışmalar yapması konusunda sürekli cesareti kırılan bir kadın, Henrietta Swan Leavitt (1868–1921) tarafından sunulmuş dikkate değer bir bildiridir. Cesareti ne denli kırılırsa kırılsın o, astronomide önemli bir keşif yaparak uzak cisimlerin kesin mesafelerini belirlemeyi olanaklı kılmıştır.

Sefe Değişkenleri Üzerine Çalışma

Massachusetts kilisesi diyakozunun kızı olan Henrietta Swan Leavitt, daha sonra Cambridge'deki Radcliffe Üniversitesi olan Oberlin Üniversitesi'ne devam etmiştir. Son sınıftayken astronomiye âşık olarak Charles Pickering'in yönetimi altında Harvard Üniversitesi Gözlemevinde gönüllü olarak çalışmıştır. Pickering'in kendisine tayin ettiği her işi yaparak, maaşlı bir asistan olmuştur. Pickering ona, tahmin edilebilir süreler boyunca parlaklıkları farklılaşan yıldızlar olan değişkenler üzerinde çalışma görevini verdi. Gözlemevinin fotoğraf levhalarında, bu titreşen cisimlerden binlerce buldu ve 1908 yılında parlak değişkenlerin daha uzun periyotlarla göründüğünü belirten bir makale yayınladı.

Sefe Değişkenleri

Gökyüzünde pek çok değişken yıldız mevcuttur. Kendi yıldızımız Güneş'in de parlaklığı artıp azaldığından o da değişken olarak kabul edilir. Sefe adında özel bir değişken sınıfı vardır; bu sınıf adını Cepheus takımyıldızında bulunan bir yıldızdan almıştır. Bunlar düzenli bir modele göre parlaklık açısından değişkendirler. Sefelerin kütleleri Güneş'in beş ila on katı kadardır. Bunlar en parlak oldukları noktada biraz sıkışarak oldukça parlak bir hal alırlar. Ardından içlerinde oluşan baskıyla genişlemeye zorlanırlar, bu da onların daha sönük görünmelerine sebep olur. Ardından tekrar büzüşürler ve döngü bu şekilde devam eder. Bu titreşim periyodu, yıldızın esas parlaklığıyla doğrudan ilişkilidir ve astronomlar bu periyodu, yıldızın ne kadar uzakta olduğunu belirlemek için kullanırlar. Yıldız, uzak bir galaksideyse o zaman uzaklığı galaksiyle aynıdır. Yani Sefe değişkeninin ne kadar uzak olduğunu belirlemek galaksisinin de ne kadar uzakta olduğunu anlamamızı sağlar. Bir yıldızın aydınlatma gücü ile parlaklığındaki farklılık arasındaki ilişki periyot-aydınlatma gücü ilişkisi olarak bilinir.

Bayan Leavitt zaman içinde 2400'den fazla değişken yıldız, dört tane de nova keşfetti. Yine de onun en önemli katkısı Sefeler üzerindeki çalışmaları oldu. Bu çalışmalar, Edwin Hubble'ın 1923 yılında Andromeda Galaksisi'ndeki bir yıldızın mesafesini ölçmesine imkân tanıdı; ayrıca Samanyolu'nun dışında da galaksiler olduğunu kanıtlamış oldu. Bayan Leavitt'in çalışmaları olmaksızın Hubble keşiflerini yapamayabilirdi; bu sebeple Bayan Leavitt'e çok mühim buluşundan ötürü Nobel Ödülü verilmesi gerektiğini belirterek onu takdir etti.

Fotometri Bilimi

Astronomik ölçümler çoğunlukla uzak cisimlerden gelen ışığa odaklanır. Fotometriyse, gökyüzündeki bir şeyden yayılan ya da

yansıyan elektromanyetik ışınımın gerçek yoğunluğunu ölçme bilimidir. Geçmişte, bir cismin ışık yoğunluğu fotometre denen özel cihazlarla ölçülürdü. Bu cihazlar, cismin esas parlaklığına dair bir şeyler söylerdi. Bugünse bu detektörlerde, uzak cisimlerden gelen ışığın yoğunluğunu tespit etmek ve son derece kesin bir şekilde ölçmek için yüklenme iliştilirilmiş aygıt (CCD) adı verilen, oldukça hassas sensörler bulunmaktadır. Henrietta Leavitt'in dönemindeyse fotometri, yıldız alanlarının fotoğraf levhalarından ışık geçirme ve levhadan geçen ışığı ölçme yoluyla gerçekleştirildi.

Henrietta Leavitt, 1921 yılında, itinalı çalışması sebebiyle Harvard Gözlemevi'nde yıldız fotometrisi başkanı olarak atandı. Malesef kanser hastalığına yakalanmıştı ve o yıl öldü. Alana yaptığı büyük katkılarıyla tanınan ilk kadın astronomlardan biriydi ve bilim insanları uzaktaki gökcisimlerinin kesin mesafelerini belirlemek için onun çalışmasını kullandıkça Leavitt'in mirası günümüzde yaşamaya devam etmektedir.

Astronomide Kadınlar

Astronomiyle uğraşan kadınların durumu, Henrietta Leavitt ve iş arkadaşları Annie Jump Cannon, Williamina Fleming ve Antonia Maury'nin Harvard Üniversitesi'nde çalışmalarına rağmen "Pikering'in Haremi" şeklinde küçük düşürücü bir şekilde anıldığı o dönemden bu yana oldukça gelişti. Yirminci yüzyılın başlarında, erkek astronomların, astronomi çalışma konusunda kadınların cesaretini kırmaları oldukça sık rastlanan bir şeydi. Bazı durumlarda, özellikle erkeklere tahsis edilen teleskopları kullanmalarına izin verilmiyordu. Günümüzde astronomi araştırması yapan pek çok kadın bulunmaktadır ve astronomi profesörleri, astronomi dersleri alan kadın ve erkeklerin eşit sayıda olduklarını bildirmektedir. Yine de astrofizikten mezun olan kadınlar hâlâ erkeklerden daha azdır; ayrıca astronomi ve astrofizik bölüm başkanı

olarak kadınların yüzdesi oldukça düşüktür. Amerikan Astronomi Topluluğu da dahil olmak üzere çeşitli kurumlar, ilgili kadınları astronomi okumaya ve bu alanda çalışmaya aktif olarak teşvik etmektedir.

EDWIN P. HUBBLE

Kozmolojik Devrim

Pek çok kişi Edwin P. Hubble'ı, kendi adını taşıyan uzay gözlemeden dolayı tanımaktadır. *Hubble Uzay Teleskobu*, astronominin yükünü taşıyan en önemli araçlardan biridir ve astronomlara evrendeki büyüleyici cisimler ve süreçler göstermiştir. Yirminci yüzyılın başlarında yaşamış en çalışkan astronomlardan birinin adını taşımaktadır.

Peki, memleketi Missouri eyaletinin Marshfield kenti olan eski bir avukat, adının bir teleskopa verilmesini sağlamayı nasıl başarmıştır? Gökyüzündeki bazı uzak ışıık bulutlarının aslında bizim evimiz olan Samanyolu'nun sınırlarının çok ötesindeki uzak galaksiler olduğunu kanıtlamıştır. Onun çalışması, adını taşıyan teleskobun yapacağı büyük işlerin alametidir.

Hukuktan Astronomiye

Edwin P. Hubble 1889 yılında, bir sigortacının oğlu olarak dünyaya geldi. Çocukken bilime ilgi duyup üniversitede matematik ve astronomi okudu; daha sonra babasının teşvikiyle de İngiltere'deki Oxford Üniversitesi'nde hukuk eğitimi aldı. Hubble 25 yaşına geldiğinde astronom olmaya karar verip Chicago Üniversitesi'ne başladı ve 1917 yılında doktorasını aldı. Ana ilgi alanı, silik bulutsular olduğu iddia edilen cisimlerdi. I. Dünya Savaşı'nda askeri hizmetini tamamladıktan sonra California'daki Mount Wilson Gözlemevi ekibine katıldı; burada bu cisimleri daha detaylıca incelemek için yeni tamamlanmış, 100 inçlik Hooker teleskobunu kullandı.

Hubble'ın Başlıca Başarıları

Edwin Hubble dünyanın en iyi teleskoplarından birini kullanma fırsatını çok iyi değerlendirdi. 1923 yılında Andromeda Sarmal Bulutsusu'nu (günümüzde sarmal galaksi olarak bilinmektedir) inceleyen bir Sefe değişken yıldızının titreşimini keşfetmiştir. Bunlar,

evrendeki mesafeleri belirlemekte kullanılan "standart mumlar" dır. Bu keşfi, "Söz konusu spiral bulutsular bizim galaksimizin içinde mi, yoksa çok daha uzağında mı bulunuyor?" sorusuna yanıt olmuştur. Sefelere ilişkin hesaplamalarını kullanan Hubble, bunların çok uzakta olduklarını ve kesinlikle galaksimizin bir parçası olmadıklarını gösterme imkanı buldu. O zamana dek pek çok astronom Samanyolu'nun bütün kozmos olduğu görüşüne inanıyordu. Hubble'ın keşfi, ilk kez, evrenin herkesin düşündüğünden çok daha büyük olduğunu gösterdi. Bu devrim niteliğinde bir buluştu. Astronomlar, cisimlerin ne kadar uzakta olduklarını ve ne hızda hareket ettiklerini belirlemek için kozmik mesafe araçlarından biri olarak Sefe değişkenlerini kullanmaya devam ettiler. Bu da Hubble'ın astronomiye en büyük katkılarından biri olarak kalmıştır.

Hubble aynı zamanda evrendeki cisimlerin birbirinden uzaklaştığını keşfetmiştir; bu da evrenin genişlemekte olduğunu göstermektedir. Bu sözde "çekilme"nin, gökcismi bizden uzaklaştıkça daha hızlandığını belirlemiştir. Genişleyen evren fikri, astronomiyi kökünden sarsmış ve kozmolojinin yapıtaşlarından biri olmuştur. Evrenin genişliyor olabileceğini ileri süren başkaları da olmuştur; Hubble ise gözlemlerine dayanarak genişlemenin oranını hesaplamaya devam etmiştir. Bu genişleme oranı Hubble Sabiti olarak bilinir ve astronomi literatüründe sık sık H_0 (H sıfır) olarak belirtilir. Hubble bu sabiti yaklaşık 500 (km/sn)/megaparsek olarak hesaplamıştı. Günümüzde ise daha hassas teleskoplar ve tekniklerle H_0 değeri $67,15 \pm 1,2$ (km/sn)/megaparsek olarak düzeltilmiştir.

Hubble Kanunu

Hubble galaksilerin çekilme hızlarını nasıl fark etti? Doppler etkisi denen bir şey kullandı. Bu etki, ışık ya da ses dalgalarının gözlemciye doğru hareket ederken daha yüksek frekansa (ses ise) ya da daha yüksek dalga boyuna (ışıkta) sahip olduğunu, gözlemciden uzaklaşırken daha düşük frekans/dalga boyuna sahip olduğunu söyler. Hubble uzak galaksilerden gelen ışığı bir spektruma ayırmak için spektroskop kullandı ve ardından pek çok galaksinin spektrumu-

nun daha aşağıya, elektromanyetik spektrumun kırmızı ucuna doğru kaydığını belirtti. Dünya'ya doğru hareket eden galaksilerin saçtığı ışık ise spektrumun mavi ucuna doğru kayar ve bunlar "maviye kayan" adıyla anılır.

Kariyeri boyunca pek çok galaksiyi gözlemleyen Edwin Hubble bu cisimleri şekillerine göre sınıflandırmak için çalıştı. *Galaksi morfolojilerinde Hubble Düzeni*, bugün hâlâ kullanılan sınıflandırmaların temelini oluşturur. Galaksiler sarmal, eliptik, merceksi ya da düzensiz olabilir. Modern astronomide, özellikle sarmalların sınıflandırılmaları şu alt gruplara ayrılmıştır: gergin kollara ve büyük, merkezi tümseklere sahip olan spiraller, o kadar gergin kolları olmayan ve daha hafif tümseği olan spiraller, oldukça belirsiz merkezi bölgeleri olan gevşek galaksiler. Merceksilerin parlak merkezi bölgeleri vardır fakat sarmal kollara sahip değildirler ve eliptik galaksilere (onların da sarmal kolları yoktur) benzerler. Düzensiz galaksiler, sarmal kolları olmayan fakat sık sık parlak yıldız oluşumu bölgelerini gözler önüne seren damla biçimli galaksilerdendir. Büyük ve Küçük Macellan Bulutları düzensiz galaksilere iyi bir örnektir.

Edwin P. Hubble Mount Wilson'daki çalışmasına 1953 yılında ki ölümüne dek devam etmiştir. Onun çalışmaları astronomi ve kozmolojide devrimler yarattığı için *Hubble Uzay Teleskobu*'nun yaşamı ve başarıları sebebiyle onun adını taşıması da hiç şaşırtıcı değildir.

Büyük Münazara

Edwin Hubble'ın Sefelerle çalışmasından önce astronomlar galaksilerin "ada evrenler" mi (ilk olarak filozof Immanuel Kant [1724–1804] tarafından, Samanyolu'nun dışında olabilecek uzak bulutsuları ifade etmek için kullanılan terim) yoksa sadece Samanyolu'nun bir parçası mı oldukları konusunda anlaşmazlığa düştüler. Astro-

nom Heber Curtis (1872–1942) ada evrenlere inanan biriydi. 1917 yılında Andromeda Galaksisi'nde bir nova gözlemleyip bu komşu galaksinin uzaklığını ölçmek için onun ışığını kullandı. Hesaplamaları kesin olmasa da Andromeda'nın uzak bir galaksi olduğu savunmak için yeterliydi. Diğerleri buna karşı çıkınca 1920 yılında büyük bir halk münazarası yapıldı. Büyük usta Harlow Shapley (1885–1972) Samanyolu'nun bütün evrenin merkezi olduğuna (ve bunun yanı sıra pek çok başka şeye) dikkati çekti ve Andromeda'daki yeni bir novanın, galaksinin çekirdeğinden daha parlak olduğunu söyledi. Bu parlaklığın novanın oldukça yakında ve galaksimizin bir parçası olduğu anlamına geldiğini iddia etti. Böylelikle (onun bir parçası olan) Andromeda da, Samanyolu'nun bir parçasıydı. Edwin Hubble'ın Andromeda'da keşfettiği Sefeler bu çekişmeye 1925 yılında son verdi; ayrıca Hubble, Andromeda'nın ve Sefeleri olan diğer galaksilerin Samanyolu'nun dışında olduğunu kanıtlamak için o değişken yıldızların mesafe hesaplamalarını kullandı.

ALBERT EINSTEIN

Yirminci Yüzyıl Dehası

Albert Einstein, tüm zamanların en büyük bilim düşünürlerinden biriydi. Kuramsal fizikteki özel içgörülerini aynı zamanda astronomi ve kuantum mekaniğini (çok küçük şeylerin fiziği) anlamamıza da katkı sağladı. Ünlü denklemi $E=mc^2$, bir cismin kütlesini alıp bunu ışık hızının karesiyle çarptığınızda onun enerjisini elde etmenizi sağlar. Bu kavram, yıldızların kütleyi enerjiye çevirip ışık ve ısı üretme yollarını açıklamaya yardımcı olduğundan astronomi ve astrofizikte özellikle önem taşır. Einstein, 1921 yılında fiziğe katkılarlarından dolayı Nobel Ödülü aldı; Nobel komitesi, kütle ve enerji çalışmalarının yanı sıra "fotoelektrik etkisi" keşfinden de bahsetti.

Einstein'ın en iyi hatırlanan çalışması görelilik kuramıdır. Bu kavram, kütleçekimsel mercekleme, zaman genişlemesi ve kara deliklere bağlı kütleçekimsel fenomenleri açıklamak için kullanılmaktadır.

Einstein'ın Nobel Ödülü

Albert Einstein, 1905 yılında, fotoelektrik etkisinin nasıl işlediğini açıklamaya çalışıyordu. Bu, madde elektromanyetik ışınımına (ışık) maruz kaldığı zaman ondan yayılan elektronlar vasıtasıyla gerçekleşen bir süreçtir. Tarihin o döneminde ışığın sadece bir dalga olarak seyahat ettiği düşünülüyordu. Fakat bu doğru olsaydı ışık yoğunlaştıkça (ya da dalga güçlendikçe) yayılan elektronlarda daha fazla enerji olurdu. Deneyler bunun doğru olmadığını gösterdi; aslında, yayılan elektronların enerjisi, saçılan ışığın dalga boylarına bağlıydı. Einstein bu fenomeni, ışığın bir dalga gibi hareket ettiğini, ancak foton ya da ışık kuantumu adındaki bir parçacık olarak da hareket edebileceğini belirterek açıkladı. Işığın bu çifte doğası, dalga-parçacık ikiliği olarak bilinir. Einstein, her fotonun, ışığın dalga boyuyla alakalı bir enerji seviyesine sahip olduğunu açıkladı. Madde, ışığın kuantumlarını emer ve yeterli enerji varsa daha sonra elektron yayar. Yani örneğin, ışık uzaydaki gaz moleküllerine

çarptığında bu moleküller ışığın enerjisini emer. Şartlar uygunsa elektron yayarlar ve böylece bütün gaz bulutu parlar.

Bir Dâhinin Yaşamı

1914 yılında Almanya'da doğan Albert Einstein erken yaşlardan itibaren bilime ilgi duydu. Üniversitede matematik ve fizik okuyan Einstein, bunun ardından İsviçre'ye göç ettikten sonra birkaç yıl patent memuru olarak çalıştı. İşi, sinyal aktaranlar da dahil olmak üzere elektromanyetik prensiplerini kullanan ürünleri değerlendirmeyi kapsıyordu. Bu süre içerisinde fizik doktorası üzerine çalışmaya başladı ve 1905 yılında derecesini aldı. Bern Üniversitesi'nde okutman olarak işe başlayıp Kaiser Wilhelm Fizik Enstitüsü'ne geçmeden önce birkaç yıl burada fizik dersi verdi.

Einstein kariyerinin büyük kısmında görelilik kuramları üzerinde çalıştı. Çalışmasının bir parçası olarak uzak bir cisimden gelen ışığın kütleçekimsel bir alanın yakınından geçerken bozulacağını ileri sürdü. Bu fikir, 29 Mayıs 1919 yılındaki güneş tutulması sırasında teste tabi tutuldu. İngiliz astronom Sör Arthur Eddington'ın fotoğrafları, Einstein'ın hipotezini doğruladı; uzak yıldızlardan gelen ışıklar Güneş'in kütleçekimiyle bükülmüş görünüyordu. Bu, gözlemlenen ilk kütleçekimsel mercekleme örneğiydi.

Einstein ve ailesi 1933 yılında, Nazi güçlerinin yükselişiyle Amerika Birleşik Devletleri'ne göç etti; burada Einstein Princeton Üniversitesi'nin İleri Araştırma Enstitüsü'nde çalışmalarına başladı. 1940 yılında Amerika Birleşik Devletleri vatandaşı oldu ve yaşamının kalan kısmını görelilik, kuantum mekanikleri, kütleçekimi prensipleri ve pek çok farklı konu üzerinde çalışarak geçirdi. 1955 yılında öldüğünde beyini, incelenmek üzere muhafaza edildi. Son dönemde, dehanın kökenlerini araştıran nörologlar Einstein'ın beyninin sıradan beyinlerden bazı yapısal farklılıklarla ayrıldığını duyurdular. Onun dehasına bu farklılıkların katkısı olup olmadığı konusu henüz netlik kazanmamıştır.

Einstein'ın Görelilik Kuramı

Aslında Einstein tarafından geliştirilmiş iki tane görelilik kuramı vardır. Genel görelilik, uzay ve zamanın uzay-zamanı oluşturduğunu söyler. Uzay-zaman kütleçekiminden etkilenebilir çünkü kütleçekimi uzay-zamanı eğer. Ayrıca maddenin ve enerjinin varlığıyla maddenin momentumundan da etkilenebilir. Bu, yirminci yüzyılın başları için oldukça yeni bir fikirdi ve astronomların evren algılarını yeniden değerlendirmelerini gerekli kılıyordu. Dünya'daki bakış açımızdan uzay ve zaman sabittir ve değiştirilemez. Oysa Einstein, kütleçekiminin etkisi altında uzayın genişleyebileceğini, sıkışabileceğini ya da bükülebileceğini ileri sürmektedir. Zamanın gözleyen kişiye ve gözlemlerin hangi şartlar altında gerçekleştiğine bağlı olduğunu söyler. Pek çok fizikçi, kozmosun işleyişinin bu kadar kaotik olmadığını düşünüyordu. Yine de daha dikkatle incelediğinizde bu fikirler son derece mantıklıdır; çünkü büyük bir cisim hem uzayı hem de zamanı bükebilmektedir. Bu cisme göre nerede olduğunuza bağlı olarak zaman algısı değişebilmektedir. Bir başka deyişle her şey görelidir.

Günümüzde astronomlar, kütleçekimsel alanlarda –örneğin, uzak bir kuasardan gelen ışığın, bir galaksi kümesinin ya da kara deliğin kütleçekimsel etkisiyle saptığı yerlerde– hareket eden cisimleri incelemek istediklerinde görelilik prensibini kullanırlar.

Özel Görelilik

Einstein'ın özel görelilik kuramı bilim-kurgu yazarlarını epey eğlendirir. Bu kuram, bir cismin hareketi iki farklı gözlemci tarafından gözleniyorsa ve özellikle de cisim ışık hızına yakın bir süratte seyahat ediyorsa bu hareketin bu gözlemciler tarafından nasıl algılanacağını açıklar. Fizik kuralları her gözlemci çerçevesi için aynı kalır. Işık hızı her ikisinde de aynıdır. Bir uzay gemisinde ışık hızının hemen altında seyahat ediyorsanız yerel zamanınız size oldukça normal gelir. Saat her zamanki gibi ilerlemektedir ve sizin gemi içindeki hareketleriniz de tamamen normaldir. Fakat Dünya'daki bir arkadaşınız sizin hızla uzaklaştığınızı görecek; ayrıca saati-

niz de ona Dünya'dakilerden daha hızlı ilerliyor gibi görünecektir. Bunu tersi olarak, arkadaşınız için gayet normal olsa da siz de Dünya'daki saatlerin daha ağır ilerlediğini görürsünüz. Uzaya on yıllık bir seyahate gidip dönseniz on yıl yaşlanırsınız, oysa Dünya'daki arkadaşınız otuz yıldan daha fazla yaşlanmış olur! Bu etkiye zaman genişlemesi denir ve özel göreliliğin pek çok çıkarımlarından biridir. Robert A. Heinlein (1907–1988) *Time for the Stars* (Yıldızların Zamanı) adlı romanında, bir uzay gemisinde ışık hızına yakın hızla seyahat eden insanların zaman genişlemesi dediğimiz olgu nedeniyle Dünya'daki arkadaşlarından ve ailelerinden nasıl daha farklı bir hızla yaşlandıkları konusunu işler.

JOCELYN BELL BURNELL

Pulsarların Kâşifiyle Tanışın!

1967 yılında, İngiltere'deki Cambridge Üniversitesi'nde genç bir lisansüstü öğrencisi, yaygın olarak kuasar adıyla bilinen yıldızlı radyo kaynaklarını incelemek için bir radyo teleskobu inşa etme projesinde danışmanı ile birlikte çalışıyordu. Fakat öğrencinin elde ettiği verilerden bazıları tuhaf görünüyordu. Oldukça düzenli bir ritimle garip titreşimler oluyordu. Öğrenci, gökyüzündeki bu titreşimler kayboluncaya dek onları izledi. Günbegün verilerinde bunları bulmaya devam etti. Danışmanı, sinyalin insan kaynaklı ya da cihazdaki bir anomali yüzünden olduğunda ısrar ettiyse de öğrenci bunun sebebini keşfetmek için çalışmaya devam etti. Öğrenci ve öğretmen, bu tuhaf sinyale sebep olabileceğini düşündükleri her şeyi –otomobil parazitinden polis araçlarının sinyallerine, yakındaki radyo ve TV istasyonlarına kadar her şeyi– kontrol ettiler.

Gökyüzünde ikinci bir titreşen kaynak keşfedildiğinde bunu ciddiye alıp bunun evrendeki doğal bir cisimden ya da olaydan kaynaklanabiliyor olabileceği fikrini değerlendirmek durumunda kaldılar. Titreşimlerin evrenin başka bir yerindeki zeki yaşam formlarından geldiği konusunda şakalaşarak bu kaynağa "Küçük Yeşil Adam" (Little Green Man) ifadesinin kısaltması olan LGM-1 adını verdiler.

Öğrenci, haberi olmaksızın, daha sonra pulsar olarak adlandırılacak olan ilk titreşimli radyo kaynağını bulmuştu. Öğrencinin adı Jocelyn Bell (1943–), danışmanı ise Antony Hewish (1924–) idi. Hewish daha sonra, Bell'in çalışmasındaki danışmanlık görevi için Nobel Ödülü aldı; Bell de bu keşfi için kariyeri boyunca ödüllerle onurlandırılrsa da Hewish gibi kendisine Nobel Ödülü verilmedi ama sonunda adı Kraliyet Onur Listesi'ne alındı ve ardından da Britanya Kraliyet Nişanı'na layık görüldü.



Bir pulsar, hızla dönüp duran ve döndükçe de radyasyon ışınları gönderen bir nötron yıldızıdır. Işın Dünya'nın görüş alanına girerse, nötron yıldızı, hızla titreşen bir ışıklı nokta olarak tespit edilir.

LGM-1'in Ardındaki Bilim

Jocelyn Bell Burnell'in keşfettiği cisim bir nötron yıldızıdır. *Dejenerere maddeden* oluşan bu yoğun küreler, büyük bir yıldız süpernova olarak patladığında ya da ikili sistemdeki beyaz bir cüce yıldız çok fazla madde biriktirip çöktüğünde oluşur. Yıldızın çekirdeğinden kalanlar yoğunlaşarak, bir şehir boyutunda, inanılmaz derecede hızla dönen ve çok güçlü bir ışınım patlaması yayan bir cisme dönüşür. Bir pulsar "ışını"nın görüş alanında olursak radyo detektörlerimiz bunu oldukça hızlı bir şekilde tekrarlayan bir sinyal olarak algılar. Bell'in bulduğu ilk pulsara PSR 1919+21 denmektedir ve bunun sinyali tam olarak 1,33 saniyede bir tekrar etmektedir.

İrlanda'dan Kozmosa

Jocelyn Bell Burnell, Kuzey İrlanda'da dünyaya geldi. Babası onu akademik eğitim almaya teşvik etti; Bell de genç yaşta astronomiye âşık oldu. İskoçya'daki Glasgow Üniversitesi'ne girerek fizik bölümünden mezun oldu. Yirmi üç yaşındayken lisansüstü çalışması için Cambridge'e gitti. Orada büyük bir radyo astronomi de-tektörü üzerinde çalışan Antony Hewish ve ekibine katıldı. Teleskobun ürettiği verilerin pek çok çıktısında bu gizemli sinyalleri işte o zaman bulmaya başladı. Pulsarların keşfiyle medyada bir bayram havası yaşandı. Keşif Bell'e ait olmasına ve orijinal makalede adı ortak kâşif olarak yer almasına rağmen Nobel Ödül komitesi onu bir ödüle kayık görmedi. Hewish'e verilen ödül, onun Bell'in başarısından kendine pay çıkarıyor gibi görünmesine sebep oldu; ayrıca bu durum, Bell'in keşfinden dolayı yeterince onurlandırılıp onurlandırılmadığı hakkında büyük bir tartışma başlattı. Fakat Bell ısrarcı bir şekilde Nobel Komitesi'nin kararını destekleyerek ödülün yerinde olduğunu belirtti.

Bell, daha sonraki yıllarda İngiltere'deki Mullard Uzay Bilimi Laboratuvarı'nda x-ışını astronomisi ve Southampton Üniversitesi'nde de gamma ışını astronomisi çalışmaya devam etti. Ayrıca İskoçya, Edinburgh'daki Kraliyet Rasathanesi'nde kıdemli araştırmacı olarak görev aldı; Açık Üniversite'de ders verdi; Princeton'da konuk profesörlük yaptı; en son olarak da Oxford'da konuk profesör oldu. Bell, kadınların bilim dünyasındaki konumlarını geliştirmeye devam etmektedir.

Pulsar Araştırması

Bell ve Hewish'in çalışmasından bu yana astronomlar Samanyolu Galaksisi ve küresel kümeler içinde yüzlerce pulsar bulmuşlardır. Asıl soru pulsarlara ne olduğudur; şu anki mevcut yanıt bunların zaman içinde yavaşladıklarıdır. Astronomlar bu yavaşlamayı, titreşimler arasındaki zamanın artmasıyla tespit edebilmektedirler.

Pulsar Gezegenleri!

Jocelyn Bell Burnell'in keşfi, nötron yıldızlarının tuhaf dünyasına bir kapı açtı. Bu garip cisimlerden birinin etrafındaki ortam evrenin pek ılımlı yerlerinden sayılmaz. Nötron yıldızı öyle büyük bir kütleçekim gücüne sahiptir ki eğer bir gezegen ona çok yaklaşırsa parçalanır. Buna ilaveten, nötron yıldızından dalgalanan güçlü ışı-
nım ışıını, böyle bir gezegende var olan her türlü yaşam formunu etkin bir biçimde kavururdu; bu da gezegenden geriye kalanların, o nötron yıldızını yaratan süpernova patlamasını atlatmasını sağlar-
dı. Yine de astronom Aleksander Wolszczan (1946-) 1992 yılında pulsarların etrafında dönen gezegenleri ilk keşfeden kişi oldu. Ha-
lihazırda pulsar gezegenleri olup olmadıkları incelenecek olan altı aday cisim mevcuttur. En azından pulsarlardan biri, büyük olası-
lıkla ana yıldız süpernova olduğunda yaratılan ağır elementlerden yapılmış bir çöküntü çemberine sahiptir.

VERA COOPER RUBIN

Karanlık Maddeyi Bulmak

1970'lerde astronom Vera Rubin (1928-) ve meslektaşı Kent Ford (1931-) astronomideki ilginç problemlerden birini çözmeye çalışıyorlardı. Kütlenin, galaksi içerisine nasıl dağıldığını anlamaya uğraşıyorlardı. Andromeda Galaksisi'ndeki yıldızların hareketlerine bakarak işe başladılar. Galaksinin merkezine yakın yıldızların dışarıda olanlara kıyasla daha hızlı döndüklerini düşünüyorlardı. Fakat gözlemler, hiç beklenmedik bir şey gösterdi. Ekip, galaksinin kalbindeki yıldızlarla daha uzakta olanların yörüngelerini karşılaştırdıklarında hepsinin yaklaşık aynı hızda hareket ettiklerini gördüler.

Ekip, bulgularını doğrulamak için diğer sarmal galaksilere baktılar ve aynı sonucu aldılar. Galaksinin yıldızlarının, galaksinin merkezinden farklı uzaklıklarda olsalar bile yaklaşık aynı hızlarda dönmelerine sebep olan bir şey vardı. Peki, ne oluyordu? Büyük bir şeyin, yıldızların yörüngesel hızlarını etkilediği açıktı. Görülmemesine rağmen yıldız hareketlerini etkilemeye yetecek kadar kütleçekim gücüne sahipti. Rubin ve meslektaşları bugün *karanlık madde* olarak bilinen şeyin ilk ipuçlarını bulmuşlardı.

Çocukluk Hayallerinden Yıldızlara

Vera Cooper Rubin, yıldızlara ilgi duyarak büyüdü. Babasının yardımıyla kendi teleskobunu inşa etti ve üniversiteye gitme zamanı geldiğinde Vassar'a gidip astronomi okudu. Mezun olduktan sonra Cornell'de (cinsiyetinden dolayı Princeton tarafından reddedildikten sonra) bir lisansüstü birimine kaydolup fizik okudu. 1954 yılında doktorasını aldıktan sonra birkaç yıl Georgetown'da öğretmenlik yaptı ve bir aile kurdu. Başlıca ilgi alanı, galaksilerin dinamikleri, yıldızların ve diğer maddelerin hareketleriydi. Bu ilgi onu ve meslektaşı Kent Ford'u uzak galaksileri incelemeye yöneltti.

Sarmal bir galaksinin en fazla yıldız barındıran kısmının galaksi çekirdeği olduğunu, dolayısıyla da çekirdeğin, galaksinin en büyük kütleyle ev sahipliği yapan ve bu sebeple de en fazla kütleçekim gücüne sahip olan kısmı olduğunu varsaydılar. Rubin ve Ford, hızlarını belirlemek için Doppler Etkisi'ni kullanarak galaksilerdeki yıldızların spektrumuna bakmaya başladılar. Galaksideki yıldız hareketlerinin dönme eğrilerini hesapladılar. Dıştaki ve içteki yıldızların hızlarının tuhaf biçimde aynı olduğunu da işte o zaman keşfettiler.

Dönme Eğrileri

Bazen astronomideki keşifler "ışık eğrileri" ya da "dönme eğrileri" gibi sıkıcı isimlerle anılır. Uzak cisimlerden dalgalanan basit ışık grafikleri olan ışık eğrileri, sıklıkla o cisimler hakkında en büyüleyici şeyleri açığa çıkarır. Örneğin bir asteroidin ışık eğrisi, o asteroidin yörüngesinde dönüp dönmediğini, yüzeyinde aydınlık ve karanlık alanlar olup olmadığını, hatta yumru biçiminde olup olmadığını açığa çıkarabilir. Vera Rubin ve Kent Ford galaksinin dönme eğrisi üzerine araştırma yaptılar. Bu tür araştırmalar galaksi içindeki yıldızların hareketlerini ve galaksi içinde yer yer farklılık gösterdiklerini açığa çıkarır. Bir astronom, bu bilgiye erişmek için bir galaksideki yıldızların spektrumlarını alır ve sonra bunların hızlarını tespit etmek için Doppler kaymalarını ölçer. Galaksi boyunca yıldızların spektrumlarını bir araya getirirseniz dönme eğrisi denen grafiğe sahip olursunuz.

Rubin, incelediği galaksilerde çok büyük ve görülmeyen bir şey olduğu sonucuna vardı. Bu galaksilerin, parlak yıldız ve bulutsuların sahip olduğunun en az on katı kadar bu görülmez "madde"yi içerdiğini hesapladı. Bir başka deyişle, bir galaksi içinde sadece parlak maddeler yoktur. Buluşlarını lisansüstü eğitim alırken incelediği astronom Fritz Zwicky'nin (1898–1974) yaptığı araştırmaları gözden geçirdi. İsviçreli astronom, 1933 yılında süpernovaların

patlayabileceğini, bu patlamadan geriye kalanların da çökerek yoğun nötron topları oluşturacağını ileri sürmüştü; bu teori Jocelyn Bell'in 1967 yılında pulsarları bulmasıyla daha da kuvvetlendi. Astronom daha da ileri gidip evrende büyük ölçüde görünmeyen bir kütle bulunabileceğini ileri sürmüştü. Zwicky, galaksilerin Saç Kümeleri'yle ilgili çalışmaları sonucunda bu bir araya toplanmış galaksilerin arasında, aydınlık yıldızlar ve bulutsularla açıklanabileceğinden çok daha fazla kütle olduğunu buldu. Bu görünmeyen madde var olmamış olsa, galaksiler uçup giderlerdi. Bir şeyin kütleçekimi onları bir arada tutuyordu. Zwicky bu gizemli, görünmez şeye *karanlık madde* demişti ve Vera Rubin de meslektaşlarıyla birlikte keşfettikleri tuhaf galaksi dinamikleri karşısında şaşırıp bu maddeyi hatırlamıştı.

Karanlık madde bütün galaksilere ve evrenin tamamına nüfuz etmiş olabilir miydi? Rubin işte bu soruyla meşgul oldu; zamanla da çalışmaları, Zwicky'nin karanlık maddesinin gerçekten var olduğunu gösterdi. Vera Rubin, karanlık maddenin varlığını kanıtlayan (her ne kadar doğrudan tespit edilmiş olmasa da) gözlemlerinden dolayı birkaç tane ödül ve nişan kazandı. Washington'daki Carnegie Enstitüsü'nde Karasal Manyetizma Bölümü'nde araştırmalarına devam ederek düşük yüzey parlaklığına sahip galaksilerin dinamikleri üzerinde çalışmaktadır. Bu galaksiler, az sayıda, sönük ve dağınık halde bulunan yıldızla sahip cüce galaksilerdir. Bunlarda fazla miktarda karanlık madde bulunmaktadır.

Samanyolu Yıldız Hareketleri ve Karanlık Madde

Karanlık maddenin evrene nüfuz ettiğinin keşfiyle astronomlar galaksimizi daha dikkatli bir şekilde incelemeye başlamıştır. Samanyolu tam olarak ne büyüklüktedir? Doğrudan tespit edebildiğimiz yaklaşık bir trilyon Güneş kütlesi büyüklüğünde maddeye sahip olduğu tahmin edilmektedir. Fakat bu bir trilyon yıldızla aynı şey değildir. Bu galaksideki bütün maddelerin, güneş kütlesi birimiyle ifade edilen miktarıdır. Dahası, galaksimizdeki yıldızların radyo astronomi teknikleri kullanılarak yapılan hız ölçümleri, Samanyo-

lu'nda görebildiğimiz yıldızlar, gezegenler ve bulutsulara ek olarak görülmeyen bir maddeden muazzam miktarda bulunduğuna işaret etmektedir. Bu “şey”in karanlık madde olduğu tahmin edilmektedir. Bazı astronomlar bunun, Samanyolu'nun yüzde 95'lik kütlesini oluşturabileceğini ve üç trilyon ilave güneş kütlesine eşit olabileceğini tahmin etmektedirler. Astronomlar Samanyolu'nun kütlesini ölçerek galaksimizdeki karanlık maddenin kesin miktarını hesaplamaya devam etmektedirler.

CLYDE TOMBAUGH

Kansas'tan Plüton'a

Eskiden astronomların, geceler boyu teleskopları başında oturup sıradaki büyük keşiflerini yapmayı bekleyen yalnız kâşifler oldukları düşünülürdü. Günümüzdeyse astronomlar takımlar halinde çalışıyorlar; bu takımlar bazen çokuluslu bir kimliğe bürünebiliyor ve takım üyelerinin her biri kozmosu açıklama ve keşif işine katkıda bulunuyor. Fakat 1930 yılında gerçekten de, Arizona Flagstaff'deki Lowell Gözlemevi'nde, özel bir cihazın başında oturmuş yalnız bir kâşif vardı. Görevi gökyüzünün fotoğraf levhalarını çıkarmak ve herhangi bir şeyin hareket edip etmediğini görmek için bunları karşılaştırmaktı. Adı Clyde Tombaugh olan astronom, bu titiz çalışmasının sonunda, güneş sisteminin uzak bir ucunda dönen Plüton'u keşfetti.

Keşfin Ardındaki Adam

Clyde Tombaugh 1906 yılında, Illinois'de çiftçi bir ailenin oğlu olarak doğdu. Hem babası, hem kendisi hırslı ve amatör gözlemcilerdi; Clyde sık sık kendini, ne bulursa onunla teleskop yapan ve kendi merceklerini taşıyan bir genç olarak tanımlıyordu. Üniversiteye gitmek istediye de ailesinin onu okula gönderecek parası olmadığından teleskoplar yapıp Mars ve Jüpiter'i gözlemlemeye devam etti. Bu gözlemlerinden en iyilerini, gözlemevi ekibinden biraz tavsiye almayı umarak Lowell Gözlemevi'ne gönderdi. Fakat Clyde'ı şaşırtan biçimde gözlemevi onunla bağlantıya geçip ona kısa dönemli bir iş teklifinde bulundu. Teleskoplarını idare edecek amatör bir astronoma ihtiyaçları vardı. Tombaugh, 1928 yılının Ocak ayının ortasında Flagstaff'e giden trene bindi ve orada astronom Vesto Slipher (1875–1969) tarafından karşılandı. İşe hemen orada başlayan Tombaugh on üç yıl boyunca orada çalıştı.

1928 yılında gezegen araştırmaları yapmaya başladı. Yöneticisi özellikle de Neptün'ün ötesinde var olma ihtimali bulunan gizemli

X Gezegeni'ni bulmasını istiyordu. Proje, gözlemevini kuran fakat 1916 yılında ölen Percival Lowell tarafından başlatılmıştı. Lowell, bu bilinmeyen gezegeni bulma işine aşırı büyük bir ilgi duyduğundan ölmeden on yıl kadar önce bir araştırma programı başlatmıştı.

Percival Lowell

Percival Lowell'ın yeni bir gezegen bulma konusundaki takıntısı olmasa Clyde Tombaugh pek çok başka astronomik cismin kâşifi olarak yine de gayet iyi tanınırdı. Fakat Lowell'ın böylesi bir gezegen araştırmasına mali destek vermedeki kararlılığı sayesinde Plüton keşfedilmişti. Maalesef Lowell daha çok zaman zaman Mars'ta yaşam olabileceğine dair çılgınca yorumlarda bulunan adam olarak biliniyor. Mars'ı gözleme ve Marslıları bulma amacıyla Lowell Gözlemevi'ni kurdu. Ölümünden önceki yirmi üç yıldan fazla bir zaman boyunca Lowell ve meslektaşları gözlemevini, Kızıl Gezegen'i daha çok incelemek ve zamanla da cüce gezegen Plüton'u araştırmak için kullandılar.

Tombaugh, Lowell Gözlemevi'ne geldikten sonra gökyüzünde, gizli gezegenin bulunduğu düşünülen kısımların fotoğraflarını çekmek için astrografi kullanmaya başladı. Cihazı bir gecede tek bir yere yöneltir, birkaç gece sonra aynı yerin fotoğraflarını tekrar çekerti. Ardından kırpışma karşılaştırmacı denen bir cihazla bunları karşılaştırdı. Bu cihaz sayesinde hareket eden bir şey olup olmadığını görmek için bir görüntüden diğerine hızlıca geçebilirdi. Hareket eden bir şey olduğunda Tombaugh bunu not alırdı. Her bir levhayı incelemesi haftalar alırdı. En sonunda, birkaç hafta önce yaptığı bir dizi gözlemde, kareler arasında sıçırıyor gibi görünen, oldukça sönük bir cisim buldu. Sonraki gözlemler sayesinde, Neptün'ün ötesinde bulunduğu ortaya çıkan yörüngesi hesaplanabildi. Tombaugh keşfini 18 Şubat 1930 tarihinde yaptı. Buluş, 13

Mart tarihinde duyurulduğunda herkes çok heyecanlandı. Plüton, 1846 yılında bulunan Neptün'den sonra keşfedilen ve Amerikalı bir astronom tarafından bulunan ilk gezegendi. Plüton adı verilen bu yeni gezegen Tombaugh'ı da meşhur etmişti.

Tombaugh gezegen araştırması sırasında 800'den fazla asteroit, yüzlerce değişken yıldız da keşfetmiş, yıldız ve galaksi kümeleri gibi cisimlerin fotoğraflarını çekmişti. Tombaugh sonraki yıllarda Flagstaff'ta ve Los Angeles'taki California Üniversitesi'nde üniversite hocalığı yaptı. Ardından 1955 yılında New Mexico Üniversitesi'nde hocalık görevini kabul etmeden evvel White Sands Füze Atış Deney Yeri'ndeki, Balistik Araştırma Laboratuvarı'nda çalıştı. Buradaki astronomi bölümü ve tesislerini kurduktan sonra emekli olarak yıldız gözlemleri ve çalışmaları hakkında konferanslar vererek hayatını geçirdi. Clyde Tombaugh 1997 yılında öldüğünde gözlemci bir astronom olarak ardında sağlam bir miras bıraktı. Onun şerefine, küllerinin bir kısmı şu anda *New Horizons* uzay aracıyla Plüton'a doğru yol almaktadır.

Lowell Gözlemevi

Arizona'da, Flagstaff'ın dışında Mars Tepesi denen bir yerde kurulmuş olan bu gözlemevi, inşa edileli yüz yıldan uzun zaman olduğu halde hâlâ oldukça aktiftir. Halka açık teleskopları hâlâ her gece gökleri taramaktadır. Yakındaki Anderson Tepesi'ne kadar yayılmış olan gözlemevi, Amerika Birleşik Devletleri Denizcilik Gözlemevi ve Denizcilik Araştırma Laboratuvarı ile ortak çalışmaktadır. Buna ek olarak Lowell'ın Avustralya ve Şili'de tesisleri mevcuttur ve Flagstaff'ın yaklaşık 65 kilometre güneyinde Discovery Channel Teleskobu adında yeni bir tesisi açılmıştır.

MIKE BROWN

Plüton'un Rütbesini İndiren Adam

Neşeli bir şekilde Plüton'u öldürdüğünü söyleyen bir gezegen bilimci var. Adı Mike Brown (1965-) ve dış güneş sisteminde herkesten daha çok sayıda gökcismi keşfeden bir ekibin üyesi. Savunmasında, uzaktaki minik gezegenin bunu hak ettiğini söylüyor. Konuyla ilgili bir kitap bile yazdı; adı *How I Killed Pluto and Why It Had It Coming* (Plüton'u Neden Öldürdüm ve Bunu Neden Hak etti?) olan kitapta Plüton'un 2006 yılında cüce gezegen statüsüne indirilmesinin sebeplerini açıklamaktadır.

Plüton Katili

Mike Brown California Teknoloji Enstitüsü'nde (CalTech) gezegen bilimi profesörüdür. Alabama, Huntsville'de doğup büyümüş, Princeton'da bir üniversiteye ve Berkeley'deki California Üniversitesi'ne gittikten sonra CalTech'e geçmiştir. Güneş sisteminin keşfi için yaptığı çalışmalar ona birçok ödül kazandırmıştır; *Time* dergisinin En Etkileyici 100 Kişi listesinde yer alması da buna dahildir. Ancak Brown web sitesinde, onun için en önemli ödülün, beşinci sınıftaki bilim fuarında kazandığı mansiyon ödülü olduğundan bahsetmiştir. *Wired Online* 2006 yılında En Seksi On Anti-Sosyal listesinde ona da yer verince Brown ve ailesi bununla çok eğlenmişlerdir.

Mike Brown ve gezegen avcılarından oluşan ekibi, dış güneş sisteminde bulunan minik yerlerdeki Neptün-Ötesi Cisimleri (NÖC) titizlikle araştırmaktadır. Neptün'ün yörüngesinin dışında bulunan bu cisimlerden bazıları şunlardır:

- Quaoar
- Sedna
- Orcus
- Haumea
- Makemake
- Eris
- Plüton

Plüton'dan büyük olan Eris, bütün bu "Plüton bir Gezegendir/Hayır, Değildir" tartışmasıyla başlayıp Plüton'un, cüce gezegen olarak yeniden adlandırılmasına sebep olan gök cisimidir.

Plüton'u Öldüren Gezegeni Bulmak

Eris'i keşfeden Neptün-Ötesi Cisimler avcı ekibi, Mike Brown, Chad Trujillo ve David Rabinowitz'den oluşmaktadır. Eris'i 2003 yılında, Güney California'daki Palomar Gözlemevi'ndeki 1,2 metrelik Samuel Oschin teleskobunu kullanarak yaptıkları dış güneş sistemi cisimlerinin sistematik araştırmasının bir parçası olan gökyüzü incelemesi sırasında görüntülediler. Bir Neptün-Ötesi Cisim olma olasılığı bulunan bir gökcismi kadar hızlı hareket etmediğinden, Eris'e işaret konmadı. En sonunda ekip verilerini incelediğinde ortaya çıktı. Cismin yörüngesini hesaplamak ve uzaklığını anlamak için takip gözlemleri yaptılar. Ekip Eris'i keşfettiğinden emin olunca, bunu diğer iki gezegenin (Haumea ve Makemake) keşfiyle yaklaşık aynı zamanda, 29 Temmuz 2005 tarihinde duyurdu.

Gökyüzünün arka taraflarında oldukça yavaş hareket ettiğinden Eris'i bulmak çok uzun zaman aldı. Veri analizleri ve detaylı gözlemler Eris'in sadece Plüton'dan daha büyük olduğunu ortaya çıkarmakla kalmadı, aynı zamanda şu an Dysnomia adıyla bilinen bir de uydusu olduğunu gösterdi. Gezegene, Yunan ihtilaf ve uyumsuzluk tanrıçasının adı verildi; astronomların Plüton'u artık bir gezegen olarak değerlendirmeyip Eris'le birlikte cüce gezegen olarak sınıflandırmalarına sebep olan büyük çekişmeler düşünüldüğünde bu isim ona mükemmel uymuş görünüyor.

Eris Hakkında

Plüton'un gezegen statüsünü yok eden bu gökcismi hakkında ne biliyoruz? Eris ilk keşfedildiğinde Plüton'dan daha büyük olduğu için ona bir süre "Onuncu Gezegen" dendi. Bu takma isim, uzayda kaç tane gezegen olduğu tartışmasını körükledi ve bu da "Peki ge-

zegen nedir?" sorusunu doğurdu. İşte Plüton'un yeniden sınıflandırılma süreci böyle başladı. Eris aynı zamanda plütoid olarak da bilinmektedir; bu, cüce gezegen olan, Neptün-Ötesi Cisimleri tanımlamak için kullanılan bir başka terimdir. *Hubble Uzay Teleskobu* ve Şili'deki *LaSilla* yer teleskobu tarafından ölçülen çapı, 2300 kilometre kadardır; bu da onun Plüton'la hemen hemen aynı boyutta olduğunu gösterir. Kuiper Kuşağı'ndaki diğer cisimler gibi Eris de muhtemelen yüzeyi çoğunlukla nitrojen buzu ve biraz da metan buzuyla kaplı, içi yarı buz, yarı taştan oluşmuş bir gökcismidir. Bu yapı, Plüton'a fazlasıyla benzemektedir!

Dış güneş sistemindeki gezegenleri avlamak o kadar kolay bir görev değildir. 1930 yılında X Gezegeni'ni (daha sonra Plüton olarak adlandırıldı) bulmaya girişen Clyde Tombaugh bunun ne kadar zor olduğunu anlamıştı. Dış güneş sistemindeki gezegenler çok sönük ve ufaklar; ayrıca Güneş'ten çok uzakta döndüklerinden yörüngeleri de oldukça geniş. Bu da onların pek hızlı hareket etmedikleri anlamına gelir. Plüton'un gökyüzündeki ağır hareketini tespit edene kadar Tombaugh'ın pek çok fotoğraf levhasını karşılaştırarak incelemesi gerekmişti.

Aynı şey günümüzdeki Neptün-Ötesi Cisim avcıları için de geçerlidir. Uzaktaki sönük bir cisimi şöyle bir görebilmek için geceler boyu titiz incelemeler ve gözlemler yapmaları gerekir. Cisim ne kadar uzakta olursa hareketini tespit etmek o kadar zorlaşır. Ayrıca bu cisimlerin yüzeyleri de pek parlak olmadığından onları fark etmek daha da zorlaşır. Neyse ki bu araştırmalar artık otomatik bir hale getirilebilmektedir. Örneğin Samuel Oschin Teleskobu işaretler ve takip et modunda çalışabilmektedir; bu mod, gökyüzünün belirli bir alanına kilitlenip bir kare alır. Ardından gökyüzünün başka kısımlarına bakar ve önceden belirlenmiş sayıda görüntüler çektikten sonra orijinal alana döner. Bu görüntülerde hareket eden bir şey olursa daha çok incelenmek üzere işaretlenir. Bu yöntem, kuyruklu yıldızlar ve asteroitler gibi güneş sistemine ait uzak ve sönük gökcisimleri ile Neptün'ün ötesinde-

ki Kuiper Kuşağı'nda yer alan gökcisimlerini araştırmakta çok işe yaramaktadır.

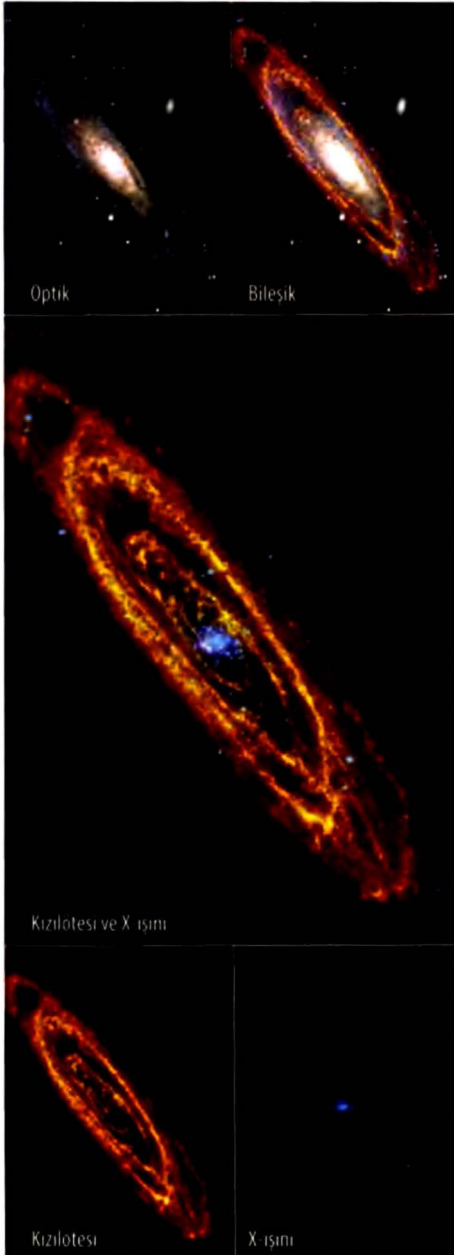
Daha Fazla Yeni Gezegen

Eris'le yaklaşık aynı zamanda duyurulan Haumea ve Makemake de Neptün'ün ötesinde, Güneş etrafında dönen gezegenlerdendir.

1. Haumea, buzla kaplı kayalık bir cisimdir ve Büyük Hawaii Adası'nın tanrıçasının adını almıştır. Hi'aka ve Namaka isimli iki uydusu vardır. Bu küçük gezegen, yaklaşık 2500 kilometre boyunda ve 1500 kilometre eninde dikdörtgenimsi şekle sahip bir cisimdir. 35 AB uzaklıkta, dönüş süresi de 283 Dünya yılı uzunluğundadır.
2. Makemake yaklaşık 1500 kilometreye 1400 kilometre boyutlarında, buzla kaplı bir cüce gezegendir. Yörüngesinin en uzak noktası Güneş'ten 53 AB uzaklıktadır, dönüş süresi de 310 Dünya yılı kadardır.



Orion Bulutsusu, galaksimizdeki yıldız oluşumu bölgelerine en iyi ve en yakın örneklerden biridir. 1500 ışık yılı uzaklıktaki bulutsu, farklı yaşlarda ve boyutlarda üç binden fazla yıldızı ve ayrıca yıldızların hâlâ oluşmaya devam ettiği pek çok bölgeyi barındırmaktadır.

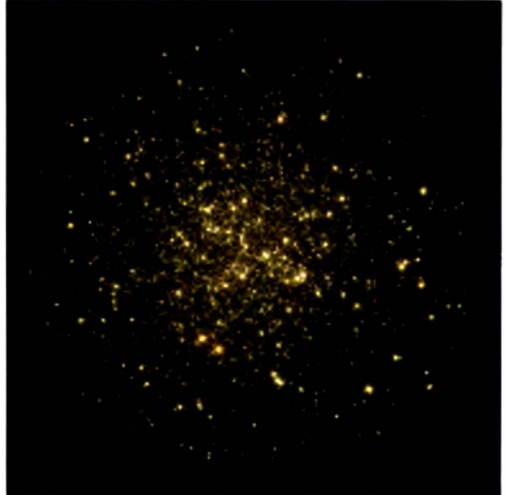


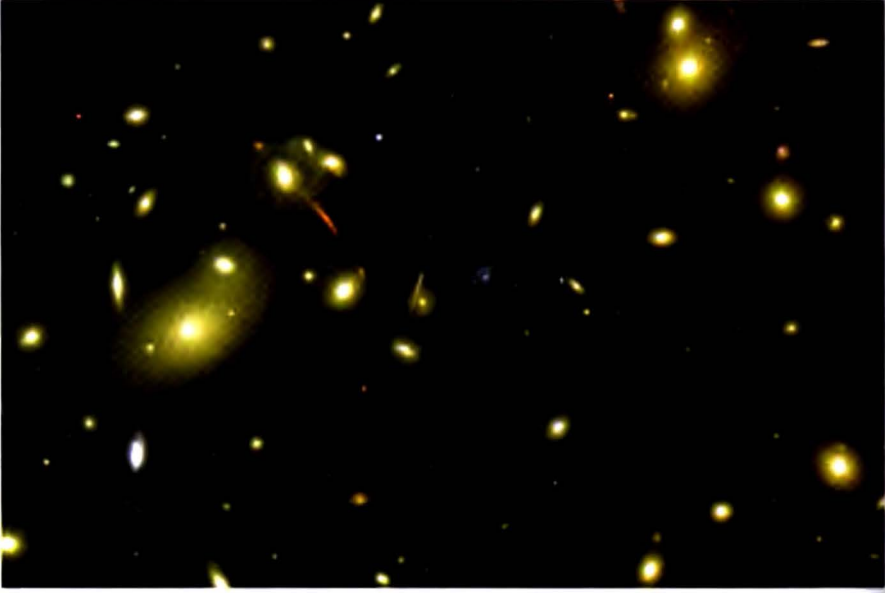
Andromeda Galaksisi, Samanyolu'na en yakın sarmal galaksidir. Buradaki sekiz farklı gözlemden, ışığın çeşitli dalga boylarında edinilen görüntüler, galaksinin yapısının, yıldız oluşum bölgelerinin detaylarını, galaksinin sarmal kolları ve merkezdeki çıkıntısı boyunca yıldızların, gazın ve tozun dağılımını göstermektedir.



Hem amatör hem de profesyonel astronomlar tarafından tanınan Pleiades açık yıldız kümesi kasım ayından nisan ayına kadar gökyüzünde rahatlıkla tespit edilmektedir. 440 ışık yılı uzaklıkta yer alan yıldız kümesi binden fazla yıldız içermektedir. Şu anda bir toz ve gaz bulutunun içinden geçmektedir; yıldızlara tüyümsü bir görünüm veren de bu durumdur.

Küresel yıldız kümeleri, galaksimizdeki en eski yıldızlardan bazılarını içerir ve galaksi bir araya gelirken biçimlenmişlerdir. Bu görüntü, Herkül takımyıldızında yer alan ve 100.000'den fazla yıldız içeren M13 küresel yıldız kümesinin merkez bölgesine aittir. Küme, yaşlanan dev yıldızlarla oldukça yoğunlaşmıştır.

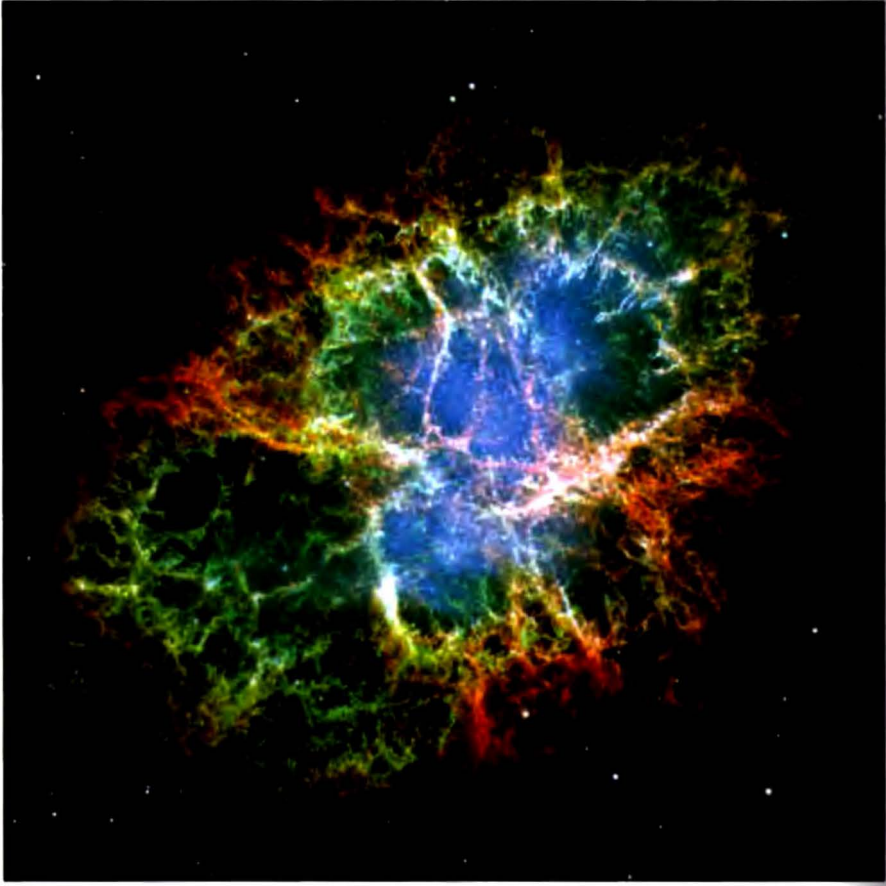




Bu *Hubble Uzay Teleskobu* fotoğrafı, MACS 1206 adındaki oldukça uzak bir galaksi kümesini göstermektedir. Kümenin ışığı, içindeki karanlık maddenin kütle çekimsel etkisiyle bozularak galaksilerin, bir bozucu mercekten bakılıyormuş gibi eğik görünmesine sebep olmuştur. Astronomlar, evrendeki karanlık maddenin dağılımını anlamak adına bir dizi bu tarz galaksi kümesini incelemişlerdir.



Bu etkileşen galaksi grubu, Arp 273 olarak bilinmektedir. Bu görüntüde, tepedeki geniş, sarmal galaksi yan yana geçtiği, altta yer alan galaksinin kütle çekim etkisiyle bozulmuştur. Bu yakın geçiş, yoğun bir yıldız oluşum aktivitesini tetikler, bu da mavi bölgelerle gösterilen, sıcak ve genç yıldız yığınlarının oluşumuyla sonuçlanır.



Yengeç Bulutsusu, galaksideki en meşhur süpernova kalıntılarından biridir. Gece gökyüzünde ilk olarak 1054 yılında belirerek bir süper yıldızın ölümünün habercisi olmuştur. Yıldız, kütesinin büyük kısmını uzaya fırlatarak ardında, pulsar adı verilen, süratle dönen bir nötron yıldız bırakmıştır. *Hubble Uzay Teleskobu* buluttaki farklı gazların dağılımının haritasını çıkarmıştır.



Güneş nasıl ölecek? *Hubble Uzay Teleskobu*'nun bu Kedi Gözü Bulutsusu'nu gösteren görüntüsü, olası tek bir senaryoyu göstermektedir. Güneş büyük kısmını uzaya atarak ağır ağır soğuyan beyaz cüce yıldızını çevreleyen bir bulut yaratacaktır; bu bulut, beyaz cüce yıldız tarafından aydınlatılacaktır.



Bu, *Hubble Uzay Teleskobu*'nun, yakın-kızılötesi ışıkları içeren ve evrendeki ilk galaksi cisimlerinden bazılarını gösteren, en uzak galaksi görüntülerinden biridir. Burada, evrenin henüz 600 milyar yaşındaki hali görülmektedir.

ASTROFİZİK VE ASTRONOMİ

Evrenin Fiziği

Astronomi asıl olarak evrendeki cisimlerin ve olayların bilimsel bilimsel olarak incelenmesidir. Bu zengin bilim dalı, iki ana dala ayrılır:

1. *Gözlemsel astronomi*: Evrendeki cisimler hakkında mümkün olduğunca çok bilgi toplamakla ilgilenir. Bu dalı, astronominin veri toplama bölümü olarak düşünebilirsiniz.
2. *Astrofizik*: Bu dal, gezegenlerin, yıldızların, yıldızlararası maddenin, bulutsuların, galaksilerin ve kozmosun uzak köşelerindeki diğer cisimlerin özelliklerini, etkileşimlerini ve evrimlerini açıklamak için fiziği kullanır. Astrofizikçiler aynı zamanda, evrendeki cisimleri ve süreçleri keşfedip açıklamak için kimya, elektromanyetizm, parçacık fiziği ve diğer disiplinlerin bazı yönlerini de kullanırlar.

Astronomlar (ki genellikle astrofizikçidirler) elektromanyetik spektrumun farklı kısımlarındaki ışığa hassas cihazlarla donatılmış gözlemelerini kullanarak gözlemlerini yaparlar. Bu bilim insanları, gözlemlerinden elde ettikleri verileri kullanarak evrende olup bitenlere dair açıklamalar getirirler. Kuramsal astrofizikçiler, evrendeki cisimleri açıklamak ve gelecekte bunların ne yapabileceğini tahmin etmek için modeller, istatistikler ve simülasyonlar kullanırlar.

Işığı Görmek

Işık, evrendeki en temel şeylerden biridir ve astrofizik araştırmalarındaki standart birimdir. Astronomlar, cisimleri ve çevrelerini anlamak adına onlardan yayılan ve yansıyan ışığı incelerler. Işık, foton adı verilen bir parçacık gibi hareket edebilir ya da uzayda bir dalga olarak seyahat eder. Işığın bu ikili doğası, evrendeki cisimlerin nasıl tespit edileceğine ilişkin sorunların çözülmesi

açısından çok önemlidir. Kameralar kullanarak fotonları toplayabiliriz, ayrıca ışığın dalga boylarını da ölçebilmekteyiz.

Işık kelimesi genellikle gözlerimizin görebildiği ışığı tanımlamak için kullanılır. Güneş'ten yayılan görülebilir ışığa karşı en hassas tür olarak evrimleştik. Fakat bunlar, elektromanyetik spektrumun –evrendeki cisimlerden yayılan, emilen ve yansıtılan tüm olası ışık aralığının– sadece küçük bir kısmıdır. Spektrumun geri kalan kısmının çoğunu, x-ışını, morötesi, radyo ışını, kızılötesi ve mikrodalga emisyonu formunda oldukları için göremeyiz. Astronomlar, bunları tespit etmek için çok hassas cihazlar kullanır.

Kızılötesi Astronomi

Astronomi, yüzyıllar boyu görünür ışık bilimiydi. Bilim insanları 1800'lerde, termal (ısı) ışınım olarak da bilinen kızılötesiyle başlayarak ışığın diğer dalga boylarını da ölçüp analiz etmeye başladılar. Hafifçe bile olsa ısınan her şey kızılötesi ışınım (sık sık IR olarak anılır) yayar. Isının ne yaptığını çıplak gözle göremeyiz fakat IR detektörleri bizim için bu sırrı aydınlatılabilir.

Yeni doğmuş bir yıldız çevreleyen gaz ve toz bulutu iyi bir örnek teşkil eder. Bunlar, bir kara deliğin etrafındaki bölgeyi görmemizi ya da ölmek üzere olan bir yıldız gizleyen bir bulutun derinliklerine dikkatle bakmamızı sağlar. Kızılötesi astronominin büyük kısmı uzaydan daha iyi yapılır; çünkü Dünya'nın atmosferi uzaydan gelen termal ışınımın çoğunu emer.

Kızılötesi Teleskoplar

Şimdiye kadar gerçekleşen en ünlü kızılötesi görevler *Spitzer Uzay Teleskobu* ve Avrupa Uzay Ajansı'nın *Herschel Uzay Gözlemevi* görevleridir. Gemini (Hawaii ve Şili'de) ve Avrupa Güney Gözlemevi (Şili'de) gibi, Dünya'nın atmosferinin oldukça üstünde konumlandıklarından iyi kızılötesi gözlem yapan bazı yüksek rakımlı gözlem evleri mevcuttur.

Morötesi Astronomi

Morötesi astronomi, kızılötesi ya da görülebilir ışıktan daha enerjik olan ışık dalgaları üzerinde yoğunlaşır. Morötesi (UV) de Dünya'nın atmosferi tarafından emildiğinden en iyi gözlemler uzaydan yapılır. Uzayda UV'yi ne yayar? Sıcak ve hareketli cisimler. Genç yıldızlar ve aşırı ısınmış yıldızlararası gazlar da buna dahildir. Güneş de UV yayar; bu yüzden iyi bir güneş koruma kremi olmaksızın dışarıda kalırsanız bu ışınlar cildinizi yakar.

Uzaydaki UV Teleskopları

En iyi bilinen UV detektörleri, *International Ultraviolet Explorer* adlı uzay aracı, ilk olarak *Hubble Uzay Teleskobu*'nda faaliyete geçen UV'ye duyarlı cihazlar ve *Galaxy Evolution Explorer* (GALEX) adlı uzay aracıdır.

Radyo ve Mikrodalga Astronomisi

Yirminci yüzyılın başlarında, Bell Laboratuvarları'nda çalışan Karl Jansky (1905–1950) isimli bir mühendis, gökyüzüne bir radyo alıcısı doğrultup farkında olmaksızın, uzaydaki bir cisimden doğal olarak meydana gelen radyo sinyallerini ilk keşfeden kişi oldu. Bulduğu emisyonlar Samanyolu Galaksisi'nin merkezinden geliyordu. Günümüzde radyo astronomlar çok çeşitli cisimlerden gelen sinyalleri tespit etmek için çok sayıda radyo çanağı ve anteni içeren sistemler kullanmaktadırlar. Bu cisimlerin arasında galaksilerin çekirdeklerinden sızan, aşırı ısınmış plazma (hareketli gazlar) kabukları, süpernova patlamalarından kalan maddelerin kabukları ve yıldızlararası uzayda ya da gezegen atmosferlerindeki gaz ve toz bulutlarında bulunan yıldızlararası moleküllerin titreşimlerinden gelen mikrodalga emisyonlar bulunur. Ayrıca, atmosfer araştırmacıları, Dünya'nın üst iyonosferinin Güneş rüzgârıyla etkileşimlerini incelemek için radyo çanakları ve radarlar, Venüs ve Satürn'ün uydusu Titan gibi bulutla kaplı böyle yerlerin haritasını çıkarmak için de radarlar kullanırlar.

Radio Astronominin Kurucusu

Karl Jansky Oklahoma'da doğup büyüdü; babası mühendislik bilgileri öğretene ve çocuklarını radyo setlerini kurcalamaya teşvik eden biriydi. Radyo dalgaları Karl'ı heyecanlandırdığı için Wisconsin'de fizik okudu. Bell Laboratuvarları tarafından, atmosferdeki, radyo iletimini etkileyen unsurları araştırması için işe alındı. Bu dönemde iş arkadaşlarının "Jansky'nin Atlı Karıncası" adını taktıkları bir anten inşa etti; bu anten Jansky'nin, doğal olarak meydana gelen süreçler ve cisimlerden gelen sinyalleri araştırmasını sağlayan bir döner mekanizmaydı.

Jansky'nin, Samanyolu'ndan gelen emisyonları keşfetmesi yeni bir bilim dalının yolunu açtı. Jansky'nin araştırmasına devam etmesi gerekirdi fakat işvereni onun başka projelerde çalışmasını istediğinden astronomi alanındaki son çalışması bu oldu. Bu durum diğerlerinin radyo astronomi alanında çalışmasına engel olmadı ve sonunda radyo astronomi, astronominin alt disiplini olarak kabul gördü.

X-Işını ve Gamma Işını Astronomisi

Evrendeki en hareketli cisimler, olaylar ve süreçler x-ışınları ve gamma ışınları yayar. Bunların arasında Cygnus X-1'i de –keşfedilen ilk x-ışını kaynağı– yaratan süpernova patlamaları, aktif galaksilerin çekirdeklerinden yayılan çok hızlı madde jetleri ve uzay boyunca x-ışını ve gamma ışını titreşimleri gönderen uzak ve güçlü patlamalar da yer alır. Astronomlar bu güçlü kaynakları tespit edip incelemek için *Chandra X-Işını Gözlemevi*, Röntgen Uydusu (RO-SAT) gibi uzay tabanlı gözlemevlerini, x-ışınları için XMM-Newton, gamma ışını emisyonlarını tespit etmek için de Compton Gamma-Işını Gözlemevini (CGRO), halihazırdaki *Fermi* uzay aracı ve *Swift* uydusunu kullandılar.

Bunu Biliyor muydunuz?

NASA'nın Fermi uydusu, sadece uzayın uzak uçlarındaki güçlü gamma ışını patlamalarını incelemekle kalmaz, aynı zamanda Dünya'da, şiddetli fırtınaların tepe noktalarına yakın yerlerde meydana gelen gamma ışını flaşlarını da yakalar.

Mikrodalga astronomisindeki en şaşırtıcı keşiflerden biri, 1964 yılında, bilim insanları Arno Penzias (1933–) ve Robert W. Wilson'ın (1936–) mikrodalga frekanslarında bir arka plan ışıınımı parlaması tespit etmeleridir. Bu parlama, evrendeki her şeyden geliyor gibi görünmektedir. Bu "kozmetik arka plan ışıınması" (CMBR) Büyük Patlama meydana geldikten hemen sonraki kozmik tarihin ilk çağlarından gelen bir kalıntı parlamasıdır.

Astronomide Spektroskopi

Astronomlar, bir cisimden gelen ışığı spektroskop denen özel bir cihazdan geçirirler. Bunu çok özel bir çeşit prizma olarak düşünebilirsiniz fakat bu cihaz görebildiğimiz bir dizi renk yaratmak yerine ışığı, gözlerimizin tespit edebileceğinin çok ötesine uzanan ve spektrum denen oldukça ince bölümlere ayırır. Bir cisimdeki kimyasal elementler ışık dalga boylarını yayar ya da emer; bu da bize spektrumda parlayan bir ışık barı ya da karanlık bir "düşme" çizgisi olarak görünür. Bu sebeple spektrumu kozmik barkodlar olarak düşünebilirsiniz; bu barkolarda, gezegenlerin, yıldızların, bulutsuların ve galaksilerin kimyasal bileşimleri, yoğunlukları, kütleleri, sıcaklıkları, hızları ve diğer karakteristiklerine ilişkin bilgiler kodlanmıştır.

Evrenin Bilgilerini Keşfetme

Astronomi cihazları, her gün, her gece müthiş miktarlarda veri üretiliyorlar. Bu bilgilerden bazıları hemen analiz edilse de incelenmeyi bekleyen devasa bir gözlemsel bilgi veri tabanı mevcut; bu veri ta-

banı özellikle de veri toplama seferlerinde gökyüzünü tarayan otomatik gökyüzü incelemelerinden gelen bilgileri içermektedir. Bu da, veri madenciliği aracılığıyla yeni araştırma yolları doğurmuştur. Uzmanlar, bu engin bilgi hazinelerini inceleyip üzerinde çalışmak ve diğer gözlemlerle ilişkilendirmek üzere yeni veri noktaları bulmaktadırlar. Örneğin *Hubble Uzay Teleskobu* uzak galaksilerin pek çok görüntüsünü çekmiştir. Gözlemleri öneren astronomların verileri işi bittiğinde bunları herkesin inceleyebileceği arşivlere koyarlar. Galaksi şekilleri ve evrimini inceleyen başka astronomlar bu resim ve verileri altın madeni olarak gördüler. Bu galaksileri şekillerine göre sınıflandırmak galaksi evrimi araştırmasının gerekli bir parçasıdır. Böylece astronomlar, görüntülerdeki galaksileri bulup bunları şekillerine göre düzenleyecek, otomatik araştırma sistemleri (bilgisayar programı denetiminde kendi kendine çalışan teleskoplar) geliştirdiler. Galaxy Zoo (Galaksi Hayvanat Bahçesi) adında, halktan üyelerin bu HST görüntülerini inceleyip içlerindeki galaksilerin şekillerini sınıflandırmalarına izin veren bir Citizen Science (Halk Bilimi) projesi de vardır. Onların yaptıkları çalışmalar astronomların, evrenin ilk başlarındaki galaksi cisimlerinin kaynağı ve gelişimini anlamalarına yardımcı olur.

ASTROBİYOLOJİ

Kozmostaki Yaşamın Kaynağı ve Evrimi

Diğer yıldızların etrafında da gezegenler olduğunu ilk fark ettiğimiz andan beri oralarda yaşam olup olmadığını merak ediyoruz. İlkçağ medeniyetlerinin tanrılarla dolu gezegenlere ilişkin hikâyeleri vardı fakat bunlar bilime değil mitolojiye dayanan hikâyelerdi. Yunanlı filozof Aristoteles, diğer gezegenlerde yaşam olabileceği fikrini tozlanmak üzere rafa kaldırdı ve bu Dünya merkezli kozmoloji 1200 yıldan uzun süre bize egemen oldu.

Kopernik Devrimi sayesinde mümkün hale gelen bilimsel düşüncedeki gelişmelerle insanlar "oralarda" başka gezegenler olabileceğini ve kozmosun başka yerlerinde de yaşam olabileceği fikrinin o kadar tuhaf olmadığını anlamaya başladılar. Uzay Çağı'nın gelişimiyle insanlar diğer gezegenlerin etrafındaki yörüngelere uzay sondaları koyabildi ve zamanla da buralara iniş yapabildiler. Başka bir yerlerde yaşam olması fikri, kimya, fizik, astronomi, moleküler biyoloji, gezegen bilimi, jeoloji ve coğrafyayı içeren yeni bir disiplinin doğmasına yol açtı. Bilimin bu dalına astrobiyoloji denmektedir.

Yaşamın Kökleri

Astrobiyoloji evrendeki yaşamın kaynağının, evriminin, dağılımının ve geleceğinin incelenmesidir. Bu bilimsel disiplin, güneş sistemimizde, diğer gezegenlerdeki yaşama elverişli yerleri keşfetmek için araştırma gereçleri kullanır. İlk güneş dışı gezegenlerin (diğer yıldızların etrafında dönen gezegenler) 1995 yılında keşfedilmesinden bu yana astrobiyologlar, bu gezegenlerde yaşamın izlerini araştırmak için yollar geliştirmektedir.

Dünya'daki yaşamın uzun bir tarihi vardır; kökleri, gezegenimizin okyanuslarına ve yüzeyine ulaşan basit bileşikler ve moleküllerle başlayan, karmaşık bir biyokimyasal evrime uzanmaktadır. Bu bileşikler, doğru şartlar altında bir araya gelip sonunda ilkel yaşam

formlarını doğurmuştur. Dünya'nın ilk dönemlerinde var olduğu bilinen prebiyotik yapı, gezegenin oluşum periyodunda ortamın nasıl olduğunu tanımlar. Dahası, astrobiyologlar bizim gezegenimiz hakkında öğrendikleri bilgileri, Mars veya Titan'ın yaşama elverişli bir ortam sağlayıp sağlayamayacağını görmek için buradaki şartları analiz etmek için kullanabilirler.

Denizin Altında

Denizin derinlikleri, gezegenimizde en az keşfedilmiş yerlerden biridir ve okyanuslarımızın derinliklerinde, daha yeni listelenmiş yaşam türleri mevcuttur. Bu yaşam formlarının, böylesine yabancı şartlarda nasıl yaşayabildiklerini anlamak, diğer gezegenlerin okyanuslarında yaşamın nasıl var olabileceğini keşfetmemize dair ipuçları sunar.

Yirmi Birinci Yüzyıl Astrobiyoloji Görevleri

Günümüzde astrobiyoloji, bilimsel incelemenin oldukça aktif bir dalıdır. Birleşik Devletler'de NASA, dünya dışı yaşam araştırması için ana prensipler sağlamak amacıyla 1990'ların sonunda kurulan Astrobiyoloji Enstitüsü'nü finanse eder. Birkaç tane üniversite de bu çok-disiplinli bilim dalını bünyesinde barındırır; Avrupa Uzay Ajansı da astrobiyoloji dalının konularını aktif olarak araştırmaktadır.

Yaşama Elverişli Bölge

Artık astronomlar diğer yıldızların etrafında gezegenler bulduğu için bu gezegenlerde yaşam araştırması yapmak astrobiyologlara yeni zorluklar getirir. Astrobiyologların öğrenmek istediği ilk şey bu gezegenin yıldızın Yaşama Elverişli Bölge'sinde olup olmadığıdır. Yaşama Elverişli Bölge, yıldızı çevreleyen ılıman kuşaktır. Bu kuşakta bulunan gezegenlerin yüzeyinde sıvı su bulunabilir, böyle-

likle de yaşamın ortaya çıkmasını destekleyecek şartlar oluşabilir. Bir sonraki adım, yaşamın oluşup oluşamayacağını görmek için gezegenin boyutunu, atmosferini ve diğer unsurları incelemektir. Yıldızların etrafında, su haricinde kimyasal bileşiklerin de sıvı formda var olabildiği bazı bölgeler vardır ve bu ortamlarda yaşam formlarının güçlkle de olsa oluşabilmesi mümkündür.

Astrobiyolojinin büyük bir kısmını, *ekstremofillerin*, yani oldukça zor koşullarda bile var olup gelişebilen yaşam formlarının incelenmesi oluşturur. Örneğin sıcak kaynak sularında ya da denizin derinliklerindeki sualtı volkanlarının yakınlarında halinden memnun bir şekilde yaşayabilecek mikroplar mevcuttur. Başka minik yaşam formları da dondurucu şartlara ya da suyun aşırı derecede nadir olduğu yerlere gayet iyi adapte olabilmektedir. En ilginç yaşam formlarından biri de metan buzu yataklarına gömülü halde oldukça keyifle yaşıyor gibi görünen derin deniz kurtlarıdır. Bu ve diğer *ekstremofillerin* varlığı, benzer şartlar altında güneş sisteminin başka bir yerinde de yaşamın gelişebileceğine dair umut vermektedir.

Astronomlar güneş sistemimizin ötesindeki gezegenlerde yaşam ararken astrobiyologlar, onlar da bize benzer şekilde gelişmiş olabileceğinden Güneş'e benzer yıldızlara odaklanırlar. Ana varsayım oralaradaki herhangi bir yaşam formunun karbon tabanlı (bizim gibi) olduğudur. Karbon çok yönlü bir element olduğundan ve diğer elementlerle birleştiğinden bu çok da uzak bir ihtimal değildir. Ayrıca yıldızların oluştuğu bölgelerde de gayet yaygın olduğundan, karbon diğer gezegenlerdeki yaşamın ana yapılarından biri olabilir. Güneş'e benzer bir yıldız onun yörüngesinde atmosferinde su izi olan bir gezegen bulmamız sadece an meselesidir.

Mars'ta Yaşam Arayışı

Şu anda Dünya, yaşamın var olabileceğinin kanıtlandığı tek yer. Fakat bilim insanları, orada da yaşamın doğup doğamayacağını merak ettiklerinden uzun zamandır gözlerini Mars'a dikmiş durumdalar. Bunu öğrenmek için Kızıl Gezegen'e onlarca uydu gönderdiler. Bunlardan en başarılıları, yüzeyin haritasını çıkaran uydular ile tozu hareketlendirmek için yüzeye konan, kaya ve buzları inceleyen, atmosferi koklayan iniş araçları ve gezicilerdi. *Mars Curiosity Rover* ve *Mars Exploration Rover*, gezegene iniş yapan en yeni iki görev aracıdır. Mars'ın su tarihine ilişkin bilgiler edinmeyi ve gezegende oluşmuş ya da hâlâ varlığını sürdüren yaşama dair kimyasal veya fiziksel izleri araştıran aktif jeolojik incelemeler yürütmektedirler.

GEZEĞEN BİLİMİ

Gezegenleri Öğrenmek

Bir gezegenin nasıl biçimlendiğini öğrenmek ister misiniz? Yüzeyini ne şekillendirdi? Uyduları nereden geldi? Ona ne olacak? Bunların cevaplarını merak ediyorsanız gezegen bilimiyle ilgileniyorsunuz demektir. Bu alan, güneş sistemindeki bütün cisimleri ve onların nasıl bu hale geldiklerini kapsar. Bilim insanlarının bu alanda öğrendikleri, diğer yıldızların yörüngesindeki gezegenleri gözlemlerken de kullanılabilir. Gezegen bilimi, astronominin alt disiplini olarak yoluna başladıysa da hızla genişledi. Günümüzde iyi bir gezegen bilimcinin bilmesi gerekenler şunlardır:

- Jeoloji
- Jeokimya
- Jeofizik
- Atmosfer bilimi
- Buzul bilimi
- Okyanus bilimi

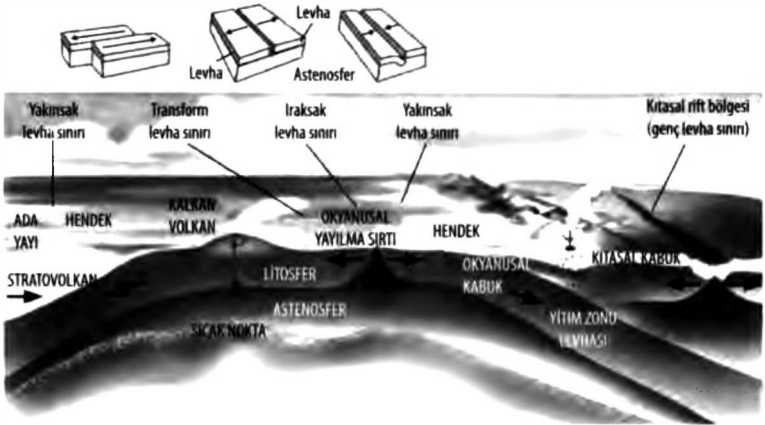
Bu alana girmeyi planlıyorsanız, gezegen keşifleri için cihazlar tasarlayıp inşa etmek adına biraz uzay aracı mühendisliği bile öğreneceksiniz demektir.

Gezegenleri Şekillendiren Süreçler

Gezegen biliminin temelleri, jeolojinin prensiplerine benzer. Sert yüzeyli –kayalık bir gezegen ya da uydu, bir asteroit ya da kuyruklu yıldız ya da donmuş bir uydu gibi, buzlu yüzeye sahip– bir gökcismini incelediğinizi varsayarsak bu yeri etkileyen birçok süreç olduğunu söyleyebiliriz. Bunların ilki, bir gezegen ya da uydunun dış katmanını etkileyen ve oldukça yavaş meydana gelen tektonizmadır. Tektonizmaya gezegenin yerkabuğunun altından kaçan ısı sebep olur; ısı kaçışı ya yüzeyin eğilip katlanmasına ya da yüzeyde faylar (kırıklar) oluşmasına yol açar.

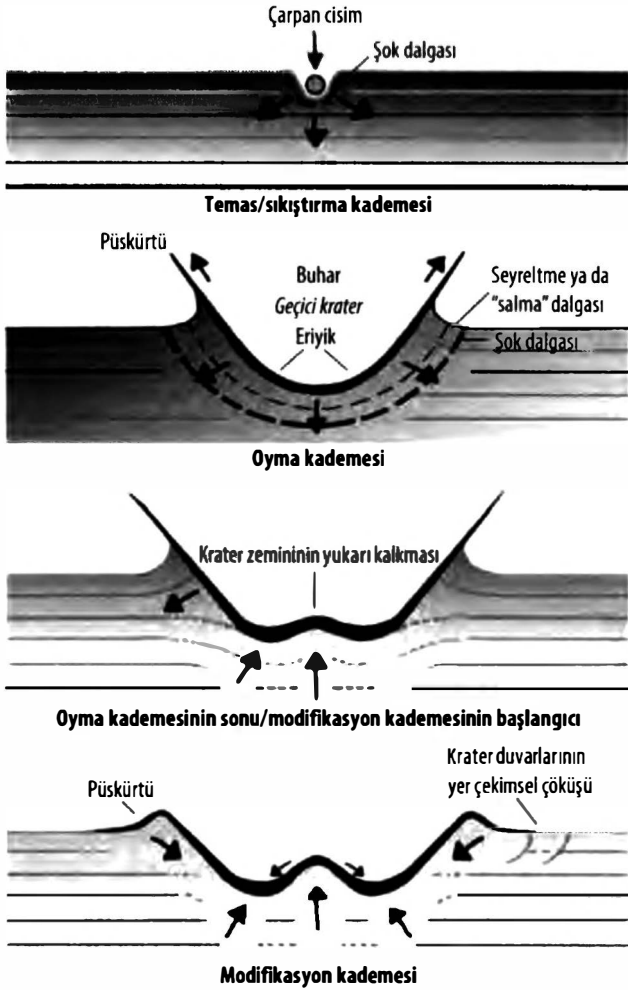
Tektonizmalı Gezegenler

Tektonizma, Dünya'daki dağların oluşumundan, volkanizmadan ve depremlerden sorumludur. Mars ve Venüs de olduğu gibi Jüpiter'deki Europa ve Ganymede, Satürn'deki Titan ve Enceladus, Uranüs'teki Ariel, Titania ve Miranda ile Neptün'deki Triton gibi dış güneş sistemindeki bazı buzla kaplı gök cisimlerinde de bir çeşit tektonizma hareketinin gerçekleşmesi muhtemeldir. *New Horizons*, 2015 yılında Plüton'a ulaşarak bu cüce gezegende tektonik hareketin kanıtlarını arayacak.



Dünya'nın tektonik hareketleri, levhaları birbirine iter, yüzeyi depremlerle çatlatır ve tamamlanması milyonlarca yıl süren dağ oluşturma aktivitelerini harekete geçirir.

Sert yüzeyli gezegenleri etkileyen ikinci süreç çarpma krateri oluşumudur. Kalıntılar, Merkür'den Mars'a, gaz devlerinin uydularına kadar, güneş sistemindeki cisimlerin çoğunun yüzeyine çarpmıştır. Cüce gezegen Plüton'da ve Kuiper Kuşağı'ndaki arkadaşlarında da çarpma kraterleri bulunma ihtimali vardır.



Fırlayan bir cisim sert bir yüzeye çarptığında bir krater açar. İçine daldığı maddeler tepki verir. Bunlardan bazıları kraterden dışarı sıçar. Çarpma yeterince kuvvetliyse, yüzey geri sekerek kraterin merkezinde küçük bir çıkıntı oluşturur.

Kraterlerin çoğu, güneş sistemi tarihinin başlangıcında, Geç Dönem Ağır Bombardıman denen dönemde oluştu. Fakat başıboş güneş sistemi parçaları gezegenlere, uydulara ve asteroitlere çarptıkça kraterler oluşmaya devam etmektedir. Bu çarpmaların incelenmesi, güneş sisteminin çarpışma tarihini, özellikle de güneş sistemindeki küçük maddelerin daha büyük gezegenleri oluşturmak için bir araya geldiği ilk dönemleri anlamamıza olanak sağlamaktadır.

Jüpiter'deki Kraterler!

Gaz devlerine de bir şeyler çarpabilir. 1994 yılında Shoemaker-Levy 9 Kuyrukluysıldızı'nın yirmi bir parçası Jüpiter'in üst bulut katmanına saplandı. Çarpmalar sebebiyle oluşan kinetik enerji ve ısı kuyrukluysıldız parçalarını yok ederek geride koyu renk maddelerden duman bulutları bıraktı ve bunlar da zamanla ortadan kayboldular. O zamandan beri de astronomlar Jüpiter'e başka cisimlerin de çarptığını görüyorlar. Jüpiter'in, ucsuz bucaksız kütleçekim alanı sebebiyle, iç güneş sistemindeki gezegenlere tehdit oluşturabilecek asteroit ve kuyrukluysıldızları süpüren ya da yönünden saptıran bir nevi elektrik süpürgesi gibi hareket etmesi muhtemeldir.

Gezegenleri etkileyen üçüncü süreç, yüzeylerin su, rüzgâr ve bitki örtüsüyle etkileşiminden ileri gelen aşınmadır. Dünya'da bunların üçünü de bol bol görmekteyiz. Akan sular ve rüzgâr kayaları aşındırır ve yosunlar gibi bitkiler de taşları kırabilmektedir. Gezegenimizde kimyasal aşınma da mevcuttur. Örneğin asit yağmurları kayaları eritebilir. Kasırgalar yüzey şekillerini süpürür, kış ve yaz mevsimlerine eşlik eden donma-erime döngüleri de kayaları ufalayabilmektedir. Mars ve Venüs yüzeyinde de atmosferle etkileşimin sebep olduğu aşınma izleri mevcuttur; ayrıca Mars'ın yüzeyinde, çok uzak bir geçmişte akan sıvıların izlerine de rastlanmaktadır.

Uzay Aşınması

Uzaya maruz kalan gezegenlerin yüzeyleri de bir çeşit aşınma geçirmektedir. Bunların arasında Ay, Merkür, asteroitler, kuyruklu yıldızlar ve dış güneş sistemindeki pek çok uydu da vardır. Ay'da, mikro-meteoritler yüzeye saplanıp toprağı eritip buharlaştırır ve tozlu regoliti çalkalar. Buzla kaplı cisimlerdeki aşınma, yüzeylerindeki buzlar, morötesi ışıınım veya kozmik ışıınlar gibi yüksek enerjili parçacıklarla bombardımana tutulduğunda oluşur. Bu aşınma buzların kararmasına sebep olur; bu da dış güneş sistemindeki buzla kaplı pek çok uydunun neden bu kadar koyu renkli göründüğünü açıklar.

Volkanizma, güneş sistemi gezegenlerinin yüzeylerini değiştiren bir başka ana kuvvettir. Bizler Dünya'daki, lav ve zehirli gazlar püskürten volkanlara oldukça aşınayız. Kıtalar üzerinde olduğu gibi okyanusların derinliklerinde de volkanlar vardır. Bunlar zamanla gezegenimizin yerkabuğunun altından ısı yayar ve bu süreçte yeryüzünü ve deniz şekillerini yeniden şekillendirir.

Uzaydaki Volkanlar

Volkanizma, Merkür, Venüs, Mars ve dış güneş sistemindeki pek çok buzla kaplı gökcisminin şekillenmesinde rol oynamıştır. İç gezegenlerdeki volkanizma bazaltiktir; yani volkanlar yüzey şekilleri boyunca eriyik haldeki kayaları yayarlar. Dıştaki uydularda da donmuş ve çamurumsu buzlar (bazen de çok soğuk haldeki su) yüzeye püskürür. Başka yerlerdeki volkanlarda olduğu gibi, gezegenin içindeki ısı yüzeyin altındaki buzları eriterek bunları, buzul volkanizmaları aracılığıyla yüzeye püskürmeye zorlar.

Gezegen Atmosferleri

Gezegenler (ve bazı uydular) etrafındaki atmosfer örtülerinin incelenmesi, atmosferleri yaratan ve sürdüren süreçlere olduğu gibi, bunların yapılarına ve gezegen üzerindeki etkilerine de yoğunlaşır. Atmosfer bilimciler aynı zamanda, bir gezegenin hava örtüsü ile manyetik alanı arasındaki etkileşimleri de inceler. Günümüzde iklim değişiklikleri haberlerde yer almaktadır ve bu durum, Dünya'nın uzun dönemli atmosferik değişikliklerinin ve bunun iklimimiz üzerindeki etkilerinin araştırılmasını daha da önemli kılmaktadır. Pek çok uzay ajansı, ısınan atmosferimizi uzaydan gözlemek için uydular göndermişlerdir. Yerden yürütülen araştırmalar da okyanuslar ile atmosfer arasındaki etkileşimleri incelemeyi içermektedir.

KOZMİK ZAMAN MAKİNELERİ

Dünya'nın Gözlemeyleri

Modern astronomlar, evreni keşfetmek için çok çeşitli gözlemeyleri kullanmaktadırlar. Bunlar, araştırma kademesindeki üniversite teleskoplarından, ısız dağ başlarındaki sekiz metre genişliğindeki profesyonel cihazlara, radyo teleskop sistemlerinden uzay gözlemeylerine ve gezegen sondalarına dek çeşitlilik göstermektedir. Bugün Dünya'da Ay kadar yakın ve Büyük Patlama'nın ardından oluşan tespit edilebilir ilk ışınım dalgacıkları kadar uzak cisimleri inceleyen 11000'den fazla profesyonel astronom vardır. Buna ek olarak gökyüzünü dürbünlerle, küçük amatör cihazlarla ve hatta bazı amatör radyo teleskoplarla izleyen (bazı tahminlere göre) yarım milyon amatör gözlemci de vardır. Boyutları ya da konumları ne olursa olsun bu kozmik zaman makineleri uzay, zaman ve elektromanyetik spektrum boyunca görüşümüzü genişletir.

Teleskobun Tarihi

İlk astronomi cihazımız gözlerimizdi. Çok eski dönemlerdeki ilk gökyüzü gözlemlerinden, 1600'lerdeki teleskobun icadına dek insanlar evrendeki cisimleri büyüteç yardımı olmaksızın gözlemek zorundaydı. 1608 yılında, bir insanın görüşünü büyütebilecek ilk cihazlar yaratıldı. Teleskobun icadı sıklıkla Hollandalı optik bilimciler Hans Lippershey, Zacharias Janssen ve Jacob Metius'a atfedilir. Bu teleskoplar aslında gemilerde ya da savaşta generaller tarafından dürbün olarak kullanılırdı ancak çok geçmeden birileri bu yeni icatlarla gökyüzüne bakmayı akıl etti. Bu cihazların haberi astronom Galileo Galilei'ye ulaşınca o da 1609 yılında derhal kendi cihazını inşa etti.

İlk teleskop, içinde iki mercek bulunan basit bir tüptü. Daha sonra astronomlar, Isaac Newton'ın tasarımından esinlenerek bir ucunda metal aynalar olan teleskoplar yapmaya başladılar. Newton'ın tasarımı o kadar kullanışlıydı ki bugün hâlâ Newton

reflektörleri denen teleskoplarda kullanılmaktadır. Bütün bu optik teleskopların asıl amacı, sönük ve uzak cisimlerden mümkün olduğunca çok ışık toplamaktır ve hep de öyle olmuştur.

Sonraki birkaç yüzyıl boyunca insanlar, teleskopları geliştirmek için çalışıp metal aynaları daha büyük (ve daha ağır) yuvarlak ve cilalı cam olanlarla değiştirmişlerdir. Elektrik ve makineleşmenin gelişmesiyle insanlar, uzun gözlemlerde teleskoplarını idare etmek için motorlar kullanmaya başlamışlardır. Günümüzün modern optik (görünür ışık) teleskopları, bir cismi veya gökyüzünde meydana gelen bir olayı görüntülemek için hızla çevrilebilecek, bilgisayarla yönetilen icatlardır. Bunların en bilinenleri arasında şunlar yer alır:

- Hawaii'deki Mauna Kea; ikiz Keck teleskopları, Subaru Teleskobu ve Gemini North teleskobu
- Şili'deki Avrupa Güney Rasathanesi
- Coonabarabran'daki Avusturalya Astronomi Rasathanesi
- Wilson'daki Palomar Dağı Gözlemevi ve California'daki Lick Gözlemevi
- Arizona'daki Kitt Peak Ulusal Gözlemevi

Buna ek olarak radyo astronomları uzak cisimlerden Dünya'ya ulaşan radyo emisyonlarını tespit etmek için çanaklar ve antenler de kullanırlar. Çoğu radyo teleskop New Mexico Socorro'daki Çok Büyük Dizi (VLA) ve Şili'deki Atacama Büyük Milimetre Dizisi (ALMA) gibi diziler içinde düzenlenmiştir. Radyo teleskop dizileri aynı zamanda Avusturalya ve Güney Afrika'da da inşa edilmiştir; bunlara Kilometrekare Dizisi (SKA) ve Murchison Geniş Alan Dizisi (MWA) da dahildir.

Çoklu-Dalga Boyu Cihazları

Dünya'daki her kıtaya yayılmış ve gezegenimizin yörüngesinde dönen yüzlerce gözlemevi mevcuttur. Yer tesislerinin çoğu gökyüzündeki cisimlerden gelen görünür ışığı ya da radyo emisyonlarını tespit etmekle sınırlı olsa da uzay cihazları daha geniş çaplı emisyonları kapsar. On dokuzuncu yüzyıldan beri astronomlar, yer

teleskoplarına, ışığı kaydeden kameralar ve gelen ışığı bileşen dalga boylarına ayıran spektrograflar da dahil olmak üzere birtakım cihazlar eklemektedirler. Son yıllarda Dünya'daki bazı tesisler kızılötesi gözlemler için tasarlanmış ve optimum duruma getirilmiştir. Kızılötesi (IR) atmosferimiz tarafından emildiğinden bu gözlemleri genellikle oldukça kuru iklimlerde, yüksek rakımlarda bulunur. Bu onların yakın ve orta kızılötesi ışığı tespit etmelerine olanak tanır. Hawaii, Mauna Kea'daki ikiz Gemini teleskopları, Şili'deki Cerro Pachón ve Büyük Teleskop, böyle IR-etkin gözlemlerine iyi örneklerdir.

Uzay Gözlemleri

Dünya'nın atmosferi, astronomi gözlemleri için çok kötüdür. Atmosferimizdeki hareketler yıldızların ve gezegen resimlerinin titreşmesine sebep olur. Kızılötesi, morötesi, x-ışını ve gamma ışınlarını emerek bizi koruyan hava örtümüz, aynı zamanda bu emisyonların kozmik kaynaklarını tespit etmeyi de oldukça zorlaştırır. Buna ek olarak bütün astronomlar sıklıkla görüntülerini belirsizleştiren bulutlarla, sönük ve uzak cisimleri görünmez kılan ışık kirliliğiyle uğraşmak zorunda kalırlar. Bu problemlerden bazıları gözlemlerini ışık kaynaklarından uzağa ve yüksek rakımlara yerleştirerek hafifletilebilir ancak yüzyıllardır bunun çok daha iyi bir çözümü mevcuttur. Astronomlar, 1960'lardan itibaren uzaya gözlemleri yerleştirmeye başladılar ve böylece Dünya'dan her zaman görülmeyen uzak cisimlere ya da yerden her zaman tespit edilemeyen dalga boylarında yayılan ışığa erişim imkânı doğdu.

İlk Astronomlar

Dünya'daki en eski gözlemlerinde teleskoplar yoktu. Bu çok eski yerler, gökyüzünü gözlemlene noktaları olduğu kadar kültürel ikonlardı. Aşağıdakiler bu eski gözlemlerinden birkaçıdır:

- Büyük Britanya'daki Stonehenge
- Meksika'daki El Caracol

- Kamboçya'daki Angkor Wat
- Hindistan'daki Ujjain

Eski astronomlar bu mekânları, sadece yıldızları ve gezegenleri gözlemlemek için değil hem dini hem de sivil olarak önem taşıyan tarihleri belirlemek gibi pratik sebepler için de kullanırlardı. Gökyüzünün bilimsel gözlemlerinin ilk mekânları antik çağlarda oluşmaya başladı ve bunlar antik Yunan, Ortadoğu ve Çin boyunca yayılmışlardır. Ortaçağın başlarında Mağribi istilacılar, Kuzey Afrika ve İspanya'da gözlemevleri inşa ettiler. Bunlardan bazıları hâlâ ayakta. Avrupalı gözlemciler, Tycho Brahe, 1570 yılında bugün İsveç sınırları içinde bulunan Herrevad Manastırı'nda gözlem noktasını inşa ettikten sonra gözlemevleri kurmaya başladılar.

Uçan Gözlemevleri

Balonlar ve yüksekten uçan hava taşıtları da gözlemevleri gibidirler. İlk balonlu astronomi tesisleri, 1957'den itibaren yüksek rakımlara taşındı. Astronomi cihazlarının atmosfere taşınması, astronomlara kozmostaki x-ışını, mikrodalga, gamma ışını ve kızılötesine erişim imkânı sundu. Uçan gözlemevleri arasında 1995 yılında görevi sonlandırılana dek kullanılan Kuiper Uçan Gözlemevi (KAO) ile değiştirilmiş bir Boeing 747 içinde uçan ve görevine 2010 yılında başlayan Kızılötesi Astronomi İçin Stratosfer Gözlemevi (SOFIA) de yer almaktadır.

Ne Kadar Yüksek, O Kadar İyi

Dünyanın en yüksek gözlemevleri Hawaii Büyük Adası'ndaki Mauna Kea'da, 4205 metrede ve Şili'nin Atacama Çölü'nde 5640 metrede. Burası, Atacama Büyük Milimetre Dizisi'nin (ALMA) evreni radyo dalga boylarıyla incelediği yerdir. Buna, görünür ışık/kızılötesi-etkin bir gözlemevi olan ve "ilk-ışık" gözlemlerini 2009 yılında yapan Tokyo Atacama Gözlemevi de katılmıştır.

HUBBLE UZAY TELESKOBU

Tekno Hindi'den Astronomi İkonuna

Hubble Uzay Teleskobu (HUT) 1990 yılının Nisan ayında, Discovery uzay mekiğinin kargo bölümünde uzaya fırlatıldı. NASA ve Avrupa Uzay Ajansı'nın (AUA) bu ortak programı, bilim insanları ve mühendislerin on yıllar süren planlamalarının bir sonucuydu. Uzaya gönderilen ilk teleskop olmasa da yörüngede hizmet vermesi için tasarlanan ilk teleskoptu. *HUT* 2012 itibarıyla bir milyonu aşkın gözlem yapmış, Ay ve evrendeki gezegenler, uzak yıldızlar ve galaksiler gibi göksel hedefleri incelemiştir. Çoklu dalga boyu gözlemevi olarak tasarlanan teleskop, yıllar içinde optik, kızılötesi ve morötesi ışığa duyarlı cihazlara ev sahipliği yapmıştır. Astronomiye katkısı hem çok geniş kapsamlı, hem de muhteşem olmuştur; ayrıca öğrenci araştırmacıları ve onların danışmanlarını yıllarca meşgul edecek kadar veri sağlamıştır.

Hubble'ın Mirası

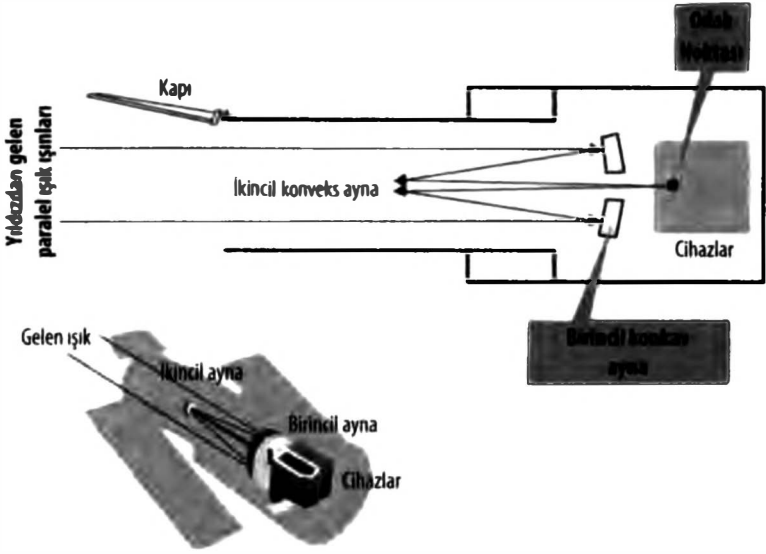
Hubble Uzay Teleskobu ismini uzak galaksilere yaptığı gözlemlerle evrene bakışımızı genişleten astronom Edwin C. Hubble'dan (1889–1953) almıştır. *HUT*, uzunca bir süre modern roket biliminin kurucusu olarak kabul edilen, Hermann Oberth (1894–1989) adlı bir Alman roket mühendisinin fikridir. Oberth, 1923 yılında *Die Rakete zu den Planetenräumen* (Gezegen Uzayındaki Roket) adlı bir kitap yayınlamıştır; bu kitap, bir roketle yörüngeye fırlatılan bir uzay teleskobu fikrine büyük yer verir. Onun gözlemevi, yerde çalışan astronomlar için teleskop operatörleri olarak görev alacak ekip-lerle dolacaktı. *HUT*'un üçüncü kurucusu astronom Lyman Spitzer Jr.'dır (1914–1997). Dr. Spitzer 1946 yılında, türbülanslı atmosferimizin ötesindeki uzaya yerleştirilecek bir gözlemevinin büyük avantajlarından bahsettiği bir makale yazdı. Bu fikrinin ciddiye alınması yıllar sürse de sonunda 1965 yılında Spitzer'in sonunda *Hubble Uzay Teleskobu* olan gözlemevinin bilimsel planlaması üzerinde çalışmasına izin verildi.

Dünya, Bir Sorunumuz Var

Dev teleskop fırlatılıp yörüngeye yerleştikten sonra ilk görüntüleri göndermeye başladı. Bunlar tuhaf ve netliği olmayan görüntülerdi. Uzunca süren tartışmalar ve deneylerden sonra mühendisler, *HUT*'un aynasının yanlış yerleştirildiğini saptadılar. Küresel sapma denen optik bir sorun yaşıyordu. Bu şok edici bir haberdı ve teleskop özellikle politikacıların eleştiri oklarına maruz kaldı. Şu an gözlemevinin en büyük destekçilerinden biri olan Maryland Senatörü Barbara Mikulski, o dönem teleskobu lafını sakınmadan eleştirerek ona "tekno hindi" demişti. Mühendisler ve optik uzmanları bu duruma bir çözüm bulmak için çalışıyorlardı. Bilgisayar programcıları, karmaşık matematiksel yollarla küresel sapmayı "geri bükme"nin yollarını bulmak için uğraştı. *HUT*'un yörüngedeki ilk üç yılda gönderdiği bilimsel veri, kullanıcıların beklediği net görüntüleri içermiyordu.

1993 yılının Aralık ayında *HUT*'a yapılan ilk servis göreviyle, teleskoba düzeltici optikler yerleştirildi; yani teleskoba gereken gözlükler takılmış oldu. Astronotların *COSTAR* adlı düzeltici optiklere yer açmak için bir cihazı kaldırmaları gerekti. Ayrıca ana kamerayı güncellenmiş optiklere sahip yenisiyle değiştirdiler. Bu onarımlar teleskobu "teknik standartlar"a getirmeyi başardı. Yeni bakım yapılan teleskoptan gelen görüntüler *HUT*'un aslında işini yapabildiğini kanıtlamış oldu.

Yıllar içinde *HUT*'a, cihazları ve diğer hizmet parçalarını değiştirmek için dört servis aracı daha gönderildi. Teleskop, takipçisi olan kızılötesi-uyumlu James Webb Uzay Teleskobu –belki de 2018 yılında– fırlatılana dek en azından on yıl daha işine devam edebilecek durumda. *HUT*'un sistemleri zaman içinde eskiyip bozulacak ancak bunun yakın zamanda gerçekleşmesi beklenmiyor. Bu olduğunda NASA onu, kalabalık yerleşim alanlarından yeteri kadar uzak bir yere yönlendirerek tekrar Dünya'ya getirmeyi planlıyor.



Bu diyagram *Hubble Uzay Teleskobu*'nun ana parçalarını göstermektedir.

Evrenin Anahtarı

Hubble Uzay Teleskobu yıllar içinde Mars, Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün atmosferlerindeki değişiklikleri izledi. Plüton'un etrafında daha çok uydu olduğunu keşfetti. *HUT*, güneş sisteminin ötesinde şunları gerçekleştirdi:

- Yıldız doğumu bölgelerinin merkezlerini inceledi.
- Yakındaki bir yıldızın yörüngesindeki bir gezegeni gözetledi.
- Gezegenimsi bulutsular denen Güneş'e benzer yıldızların kalıntılarını inceledi.
- Bir süpernovanın yıldızlararası gaz ve toz bulutlarına çarpışıyla oluşan darbe dalgalarını izledi.
- Uzak galaksilerin kesin mesafelerini hesapladı.
- Galaksilerin merkezlerindeki kara deliklerin kanıtlarını araştırdı.

- İlk yıldızları keşfetti.
- Evrenin yaşının en doğru şekilde hesaplanmasına yardımcı oldu.

Bir zamanlar tekno-hindi olan teleskop, şimdi tarihteki en faydalı gözlemcilerinden biri ve onu kullanmak için başvuran astronomların sayısı gün geçtikçe artıyor. Bu teleskop için geliştirilen teknolojiler (özellikle de ayna sorununu çözmek için gerekli cihazlarla ilgili olarak yapılan değişiklikler) yer gözlemcilerinin de gelişmesini sağladı.

Masraflarını Çıkaran Teleskop

Hubble Uzay Teleskobu'nun, ilk başladığı günden itibaren otuz yıllık toplam masrafının, yaklaşık 10 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Bir bilim insanı bunun, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki her bir vergi mükellefinin haftada ödediği iki sente denk geldiğini hesaplamıştır.

***Hubble*'i Kontrol Etme ve Programlama**

Hubble Uzay Teleskobu, NASA Goddard Uzay Uçuş Merkezi'ndeki mühendisler tarafından kontrol edilse de bütün bilimsel operasyonlardan Uzay Teleskobu Bilim Enstitüsü (STScI) sorumludur. STScI, düzenli olarak dünyanın dört bir tarafındaki gözlemcilerin gözlem süresi başvurularını kabul edip bunları karmaşık bir takvim içine yerleştirmektedir; daha sonra da veriler geldikçe bilim insanlarının incelemesi için bunları arşivler. Astronomlar verilerine bir yıl boyunca erişme hakkına sahiptir; bu da onlara bu verileri layıkıyla analiz etme olanağı tanır. Bunun ardından verileri herkes inceleyebilir. Enstitünün halkla ilişkiler ofisi, kamuyla paylaşılacak görselleri ve hikâyeleri seçmek üzere düzenli olarak bilim insanlarıyla çalışır; ayrıca herkesin kişisel kullanım için *HUT* görsellerinden yararlanıp bunları indirebileceği bir internet sitesi mevcuttur.

Hubble Hakkında Bilinmeyenler

Hubble Uzay Teleskobu, Dünya'ya 60 terabayttan fazla veri iletmiştir. Teleskobun kullanıcıları, gözlemlerine dayalı yaklaşık 10.000 makale yayımlamıştır ve incelenmek üzere daha da gelecek olan fazlasıyla veri mevcuttur.

KEPLER GÖREVİ

Başka Güneş Sistemlerinde Bulunan Gezegenleri Araştırmak

Geceleri gökyüzüne bakıp titreşen yıldızları gördüğünüzde, uzayda başka gezegenlerin de olup olmadığını merak etmek son derece doğaldır. Acaba onlar da Dünya'ya benziyorlar mıdır? Onlarda da yaşam var mıdır? Varsa nasıl bir yaşam türüdür?

Bu soruları yanıtlamanın ilk adımı, gezegenleri olan yıldızları araştırmaktır. Bizim güneş sistemimizde bunu yapmak kolaydır. Gezegenlerin nerede olduklarını biliyoruz ve Güneş (ya da diğer gezegenler) etrafında dönen gökcisimlerinde yaşam olup olmadığını belirlemek için gerekli her şeyi yapmaktayız. Fakat iş, diğer yıldızların yörüngesindeki gökcisimlerini araştırmaya gelince, onları bulmakta büyük bir sıkıntı yaşıyoruz. Gezegenler oldukça küçük ve sönük olduğu gibi, yıldızlarının ışığı da onları gizliyor. Bunun sonucunda astronomlar onları bulmak için özel teknikler kullanmak durumunda kalır.

Güneş sistemimizin dışındaki ilk gökcisimi 1992 yılında, astronomlar bir pulsarın etrafında dönen bir gezegen bulduklarında tespit edildi. 1995 yılında, bir ana kol yıldızının yörüngesindeki ilk güneş dışı gezegen keşfedildi. O zamandan beri 900'den fazla güneş dışı gezegen hem yer hem de uzay tabanlı gözlemvleriyle tespit edildi. Astronomlar 2013 yılının başlarında, galaksimizdeki altı yıldızdan birinin, onunla bağlantılı en azından bir gezegeni olabileceğini ve bu yıldızların çoğunun Güneş gibi olmasalar da –çok yaşlı dönemlerine giren yıldızların kalıntıları olan– beyaz cüceler kadar egzotik olabileceğini duyurdular.

Kepler, son birkaç yılda pek çok gezegenin keşfedilmesini sağladı ve *Yaşanabilir Bölgeler*'de yani yüzeyinde sıvı halde su bulunan karasal gezegenlere rastlanabilecek bölgelerde araştırmalarını sürdürüyor. Yaşam Güneş'in yaşanabilir bölgesi içerisinde bulunan bizim karasal gezegenimizde ortaya çıkmış olduğuna göre, başka yıldızların etrafındaki yaşanabilir bölgelerde benzer

gezegenler aramak gayet makuldür. Halihazırda keşfedilen gezegenlerin boyutları ve yapıları, bizim güneş sistemimizle pek çok benzerlik ve farklılığa sahiptir. Bu uzak yıldız sistemlerinin incelenmesine bizim galaksi çevremizin keşfi eşlik etmektedir; bu da yıldız ve gezegen oluşumunun (bu konu, Yıldız Doğumu adlı bölümde derinlemesine açıklanmıştır) genel resmine ilişkin yeni içgörüler sağlamaktadır.

Kepler Görevinin Başlaması

NASA 6 Mart 2009'da, *Kepler*'i Dünya'yı izleyerek Güneş'in yörüngeğine oturmasını sağlayacak şekilde uzaya fırlattı. Aracın görevi, Samanyolu'nun küçük bir kısmını gözlemek ve gezegenleri olan yıldızlar aramaktır. Uzay aracı bu görevi 0,95 metre çapında, fotometre olarak hizmet veren bir teleskopla yapacaktır. Bunu, yıldızlar ve gezegenlerden gelen en sönük ışık titreşimlerine duyarlı, devasa bir ışıkmetre olarak düşünebilirsiniz. Uzaydaki yüksek konumu sayesinde, atmosferimizin gelen ışığa uyguladığı saptırmayı ortadan kaldırır, bir müdahale olmaksızın uzak yıldızları dikkatle inceler. Gökyüzünün, Cygnus-Lyra adındaki alanına, yani 3000 ışık yılı genişliğindeki bir bölgede yer alan yıldız kümesine odaklanmaktadır. Şimdiye dek 2700'den fazla gezegen adayı bulmuştur ve bu keşiflerin yüzden fazlasının gezegen olduğu onaylanmıştır. Aynı zamanda gezegen olamayacak kadar sıcak, yıldız olamayacak kadar soğuk olan pek çok kahverengi cüce de keşfetmiştir. *Kepler* görevinin verileri, kendi gezegen araştırmalarında, takip gözlemleri yapan bilim insanları tarafından kullanılmak üzere arşivlenir. Kepler internet sitesi <http://kepler.nasa.gov/> bu verilere ulaşmak için gerekli talimatları içermektedir.

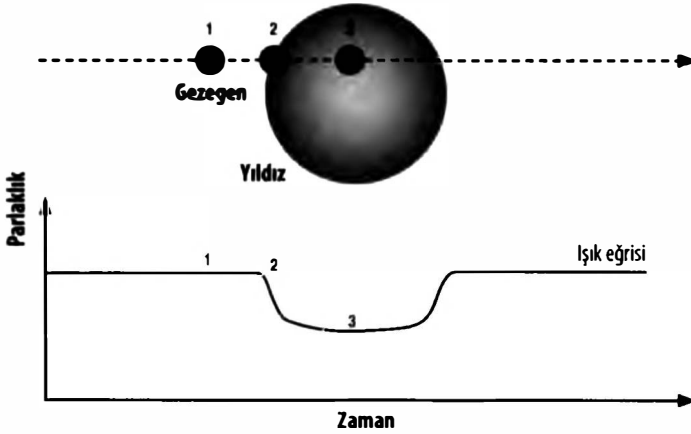
Kepler'in Hedef Bölgesi

Kepler görevinde çalışan bilim insanları, gezegen araştırmak için Samanyolu'nun, yaklaşık 50 ile 3000 ışık yılı uzaklıktaki, Cygnus-Lyra bölgesindeki yıldızları seçmişlerdir. Bu bölgeyi seçmelerinin birtakım sebepleri vardır: Güneş, yeterince uzak olduğu için

teleskobun cihazlarına parazit yapmaz; bu bölge, *Kepler*'in ortak çalıştığı yer teleskoplarının bulunduğu kuzey yarımküreden görülebilmektedir; çok fazla yıldız oluşum alanı ve dev moleküler bulutları yoktur; galaksi düzlemine yakın olduğu için yıldız yoğunluğu da yüksektir. Burası, gezegen avlamak için ideal yerdir.

Kepler gezegenleri nasıl araştırıyor? "Transit metot" denen bir teknik kullanıyor. Bu teknik şöyle işler: Bir gezegen bizimle yıldızı arasından geçerken yıldızın parlaklığını etkiler. Bu genellikle oldukça küçük bir sönükleşmedir; görev aracı da bu yüzden, bu minik titreşimleri tespit edebilmesi için ultra duyarlı bir fotometreye sahiptir. Eğer sönükleşme düzenli olarak tekrar ederse buna, hedef yıldızın etrafında dönen bir gezegenin sebep olması muhtemeldir. Cismin yörüngesi onun periyodundan hesaplanır ve astronomlar gezegenin yörüngesine ve yıldızının özelliklerine bakarak, yeni keşfedilmiş cismin, yıldızın yaşanabilir bölgesinde olup olmadığını anlayabilir.

Gezegenin yörünge düzlemi, gözlemcinin görüş hattına aşağı yukarı paralel olmalıdır, yoksa gezegeni fark etmek mümkün olmaz. Elbette ki bütün gezegenler böyle talihli bir konumda değildir; bu yüzden görev aracının, tespit edilebilecek şekilde konumlanmış bir gezegene (ya da gezegenlere) sahip bir aday bulana dek yüzlerce yıldız bakması gerekir. Dünya'ya benzer bir gezegen bulabilmek için o yörünge, yıldızın yaşanabilir bölgesine çok yakın olması gerekir. Diğer karakteristikler arasında, yıldızın yaşanabilir bölgesinin boyutu ve konumunun sıcaklığına ve evrim durumuna bağlı olması da yer alır. Sıcak ve parlak bir yıldızın yaşanabilir bölgesi, daha sönük ve soğuk yıldızinkine nazaran daha uzakta olabilir. Yani her yıldızın sıcaklığının ve parlaklığının ölçülmesi gerekir; bu bize yıldızın yaşı ve evrimsel tarihine ilişkin bir ipucu verir. Sonuç olarak, *Kepler* görevi gezegenlerin varlığını keşfetmenin yanı sıra uzak gezegen sistemlerinin nasıl oluştuğunu daha iyi anlamamızı sağlar.



Bir gezegen bizimle yıldız arasından geçerken yıldızın ışığı biraz sönükleşir. *Kepler*, ışık eğrisindeki bu sönükleşmeyi algılayacak kadar duyarlıdır.

CoROT

Kepler gezegen arayan tek uzay aracı değildir. Fransız Uzay Ajansı, 2006 yılında *Convection, Rotation, and Planetary Transits (CoROT)* adlı uyduyu göndermiştir. Uydu, görevi sırasında astronomların gezegen olup olmadıklarını teyit etmek için çalıştığı yüzlerce cisim bulmuştur. *Kepler* keşifleri gibi *CoROT* keşiflerinde de, gezegen adaylarının yer gözlemlerince tekrar tekrar gözlemlenmesi gerekir.

Kepler'in Amaçları

Kepler görevi aşağıdaki bilimsel hedeflere ulaşmak istemektedir:

1. Öncelikle, yaşanabilir bölgelerinde Dünya boyutunda gezegenler olan yıldızları belirlemek.

2. Bu yıldızların yaşanabilir bölgelerinde kaç adet karasal tipte ve daha büyük tipte gezegenin var olduğunu bulmak.
 3. Çoklu yıldız sistemlerindeki (eğer varsa) gezegenleri bulmak.
 4. Gezegenleri olan yıldızların özelliklerini belirlemek.
 5. Keskettiği gezegenlerin özelliklerini belirlemek.
 6. Bu gezegenlerin yörüngelerinin boyutlarını belirlemek.
-

KEPLER'İN GELECEĞİ

Gezegenler yüz binlerce yıldızın yıllar boyunca tekrar tekrar gözlemlenmesi sonucunda keşfedilir. *Kepler*'in üç buçuk yıllık görev süresi, yörünge turunu bir yılda tamamlayan gezegenler bulmasına ancak yetti. 2012 yılında bu görev en azından dört yıl daha uzatıldı. *Kepler*'in şu ana kadar bulduğu hiçbir gezegen tam olarak Dünya'ya benzemese de, uzay aracı, biri yıldızının yaşanabilir bölgesinde olmak üzere binlerce "süper Dünya" ve uzak yıldızların etrafında "mini Neptünler" tespit etti. *Kepler* artık tamamıyla, Güneş-Dünya ikilisine çok benzeyen gökcisimlerini araştırmaya yönelebilir. Bu gezegenlerin yörüngesi yaklaşık bir yıl uzunluğunda olmalı, yıldızları da sınıflandırma bakımından Güneş'e benzemelidir. Bilim insanları şimdiden bu benzer gezegenlerin çok yakın bir gelecekte bulunacaklarını tahmin etmekte; keşfin hemen ardından gelecek olan adım da yaşam belirtisi bulmak için atmosferlerinin incelenmesi olacaktır.

İlk sonuçlar, *Kepler*'in incelediği her yıldızın en azından bir gezegene sahip olmasının beklendiğini göstermektedir. Bunu galaksimizin tamamı için düşündüğünüzde Samanyolu'nun milyarlarca başka gökcisimi içerdiği görülmektedir. *Kepler* bu gökcisimlerinden birini çoktan tespit etmiş olabilir ve bunun onayı için *Spitzer Uzay Teleskobu*'nun yanı sıra diğer uzay ve yer teleskoplarını da kullanan araştırmacıların daha fazla gözlem yapması beklenmektedir.

Kepler'in (Şimdilik) En İyi Keşifleri

Kepler'in yaptığı keşiflerden en ilginç birkaçı şunlardır:

1. Kepler 47: iki gezegenli çiftyıldız sistemi
2. Kepler 36: yörüngeleri birbirine çok yakın iki gezegene sahip bir yıldız
3. Kepler 20: Güneş'imize benzer bir yıldızın *Yaşanabilir Bölgesi*'nde bulunan, Dünya'nın 2,4 katı büyüklüğünde bir gezegen
4. Kepler 22: yaşanabilir bölgede gezegeni olan, bulunan ilk yıldız
5. Kepler 16b: iki yıldızın yörüngesinde olduğu için, Yıldız Savaşları'ndaki gibi çifte gün batımına sahip bir gezegen
6. Kepler 10-b: Bir günlük yörüngesi ve yarımkürelerinden birinde lav okyanusu bulunan, Dünya gibi kayalık olduğu bilinen ilk gezegen

CHANDRA X-IŞINI GÖZLEMEVİ

Uzaydaki X-Işınları

Evrende sıcaklıkların milyonlarca dereceye kadar ulaşabildiği sıcak noktalar vardır; galaksilerin merkezleri, kara delikler ve nötron yıldızları gibi oldukça yoğun cisimlerin yakınlarındaki yerler bu noktalardan bazılarıdır. Bu aşırı ısınmış bölgeler, x-ışınları formunda radyasyon yayarlar ve astronomlara, bunları yayan cisimlerin fazlasıyla faal oldukları bilgisini verirler. Gezegenimizin atmosferi gelen radyasyonu emdiğinden x-ışını emisyonlarını Dünya yüzeyinden tespit etmek zordur. Bu sebeple, x-ışını ikililerini –normal bir yoldaş yıldızla veya bol miktarda x-ışını yayan aktif galaksi çekirdekleriyle (AGÇ) eşleşen bir nötron yıldızı ya da bir kara delik içeren sistemleri– bulmanın en iyi yolu bir uydudan yararlanmaktır.

X-Işını Astronomisinin Tarihi

X-ışını astronomisi 1949 yılında, güneşten gelen x-ışını emisyonlarını incelemek üzere tasarlanan cihazları taşıyan araştırma roketleriyle başladı. Bu bilim dalı, 1960'larda roketler ve yüksek irtifa balonları, uzayda, Güneş'in ötesindeki diğer x-ışını kaynaklarını da inceledikçe gerçek anlamda gelişti. 1970'lerde, özel olarak x-ışınlarını incelemek üzere tasarlanan *Uhuru* fırlatıldı. Bunu, *Ariel 5*, *SAS-3*, *OSO-8* ve *HEAO-1* izledi. O zamandan beri de x-ışını astronomları, *EXOSAT*, *ROSAT*, *ASCA*, *BeppoSAX* da dahil olmak üzere yedi sondanın daha uzaya fırlatılmasını görmüş oldular. Günümüzde astronomlar Avrupa Uzay Ajansı'nın *XMM-Newton* sondasını ve NASA'nın uzaya fırlattığı *Rossi X-Işını Zamanlama Kâşifi*, *SWIFT* ve *Chandra X-Işını Gözlemevi* uydularını kullanmaktadır.

Chandra X-Işını Gözlemevi

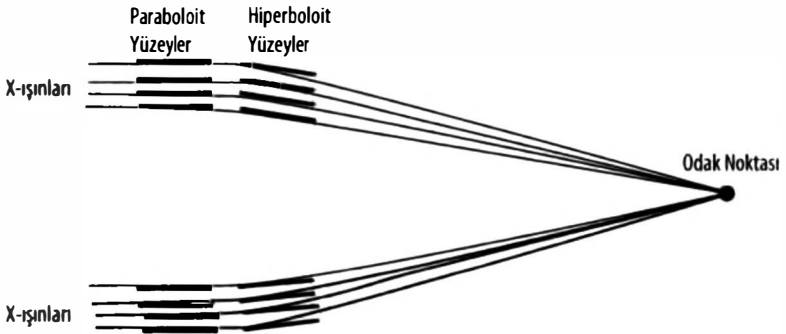
En meşhur birkaç x-ışını gözlemeviden biri olan *Chandra*, Hintli astrofizikçi Subramanyan Chandrasekhar'ın (1910–1995) ismini almıştır. Astrofizikçinin adı, Sanskritçede "ışık saçan" anlamına gelmektedir. Chandrasekhar, yıldızların yapıları, özellikle de beyaz cüceler gibi oldukça gelişmiş yıldızlarla ilgili çalışmalarıyla tanınır. Bir beyaz cücenin, çöküp bir nötron yıldızı ya da kara delik haline gelmeden önce sahip olabileceği maksimum kütle olan *Chandra-sekhar Limitini* belirledi. Gözlemevine, gelişmiş yıldızlarla ilgili çalışmaları ve onları anlamamıza sağladığı katkıları sebebiyle onun adı verildi ve NASA'nın Büyük Gözlemevlerinden biri olarak 1999 yılında Columbia uzay mekiğinden yörüngeye fırlatıldı. O zamandan beri, binlerce x-ışını kaynağını gözlemledi ve evrendeki bu radyasyonun en uzak kaynaklarından bazılarını inceledi.

Chandra'nın projelerinden biri de, evrende var olduğu bilinen en büyük kara deliklerden bazılarını araştırmaktır. Bu süper kara deliklerin galaksilerin merkezlerinde yer aldıkları uzun zamandır bilinmektedir. *Chandra*'nın gözlemleri, bu devasa yaratıklarda, normalde tahmin edilenden çok daha fazlası olabileceğini ve Güneş'imizden milyar kat daha büyük bir kütleyi içerebileceğini göstermiştir. Bu süper kara delikler, sıcak gaz bulutlarının nüfuz ettiği, devasa kümelerin bir parçası olan galaksilerde bulunmaktadır. Merkezi kara delikler oldukça aktiftir ve patlamalarıyla gazların aşırı ısınmasına sebep olduklarından yeni yıldızlar oluşturmak üzere çökmeleri mümkün değildir. Yani bu aynı zamanda kara deliklerin aktif kalabilmek için gazları kendilerinin yuttuğu anlamına da gelmektedir.

Chandra X-Işını Gözlemevi, *Hubble Uzay Teleskobu* ve *Spitzer Uzay Teleskobu*'nun yanı sıra astronominin en büyük yükünü sırtlayan araçlardan biridir. Yüksek enerji astronomisine yaptığı katkılar, evrene bakışımızı değiştirmiştir.

Chandra Nasıl İşler?

Diğer pek çok gözlemevi gibi *Chandra* da aynalarla donatılmıştır. Fakat x-ışınları rahatlıkla çarparak içinden geçebileceği için onun aynaları düz değildir. Bunun yerine, *Chandra*'nın mühendisleri, x-ışınlarının yüzeyden sekerek detektörlere ulaşmasını sağlayan uzun, namlu biçimli aynalar tasarlamışlardır. Bu cihazlar, fotonların yönünü ve enerjisini kaydeder; bu da x-ışınlarının kaynağındaki şartlar hakkında bilgi sağlar. 2012 itibariyle gözlemevi on üç yıldır yörüngededir ve uzay aracı yalıtımına ilişkin birkaç küçük soruna rağmen *Chandra*'nın on yıl daha görev yapması beklenmektedir.



Chandra'nın aynaları, gelen x-ışınlarını incelenmek üzere uzay aracının detektörlerine odaklayan uzun, boru şeklinde yüzeylerdir.

CHANDRA'NIN HEDEFLERİ

Chandra X-Işını Gözlemevi, pek çok farklı türdeki emisyon kaynaklarını inceler. Bizim güneş sistemimizde Güneş'e bakamasa da, gezegenimizin oldukça yukarısındaki bu bölgeden geçerken Dünya'nın dış atmosferinden gelen x-ışınlarına odaklanabilir. Bunlara, bizim atmosferimizden gelen hidrojen atomlarıyla Güneş'ten dağılan, harekete geçmiş karbon, oksijen ve neon atomlarının (bunlara iyonlar denir) yüksek hızlarda çarpışmaları sebep olur. *Chandra*, güneş sisteminin başka bir yerinde, Güneş rüzgârının içinden geçen kuyruklu yıldızlardan gelen x-ışınlarına, Ay'daki Güneş kaynaklı x-ışını darbelerinin sebep olduğu emisyonlara ve Güneş rüzgârı parçacıklarının Jüpiter ve Satürn'ün devasa ve güçlü manyetik alanlarıyla çarpışmasından yayılan emisyonlara odaklanabilir.

X-ışınları, güneş sisteminin ötesinde pek çok farklı yerden yayılmaktadır:

- Enerjik yıldızlar
- Süpernova patlamaları
- Kendi ortamlarında parçacıkları harekete geçiren, dönen nötron yıldızları
- Kara deliklerin merkezleri
- Kuasarlar
- Kümelerdeki galaksiler arasında akan, aşırı derecede sıcak, enjin bulutlar

Buna ek olarak *Chandra*, x-ışını arka planını da araştırmaktadır. Bu, ikili yıldız sistemlerinde aktif kara delikleri olan galaksiler, galaksiler içindeki sıcak gazlar ve süpernova patlamaları gibi uzak kaynaklardan yayılan x-ışını emisyon izleridir. *Chandra*, evrenin çok uzağındaki aktif galaksiler ve kuasarlardan gelen x-ışınları tespit etmiştir; bunlar o kadar uzaktadırlar ki, emisyonlar 12 milyar yıldan daha uzun bir süre boyunca seyahat etmişlerdir.

Chandra ve Karanlık Madde

Karanlık madde, isminden de anlaşılacağı üzere karanlıktır; dolaşısıyla da görülemez. Bu gizemli içerik, bütün evrene nüfuz etmiştir ama yine de onu doğrudan tespit edebilen kimse olmamıştır. Kütleçekimsel etkisini, görebildiğimiz baryonik madde üzerindeki etkisiyle ölçebilmekteyiz. Karanlık madde, galaksi kümelerinde oldukça yoğun durumdadır; bireysel galaksiler veya kümeler çarpışıp birleştiklerinde, bu cisimlerdeki sıcak gaz bulutları arasındaki sürtünme, onları karanlık maddelerinden ayırır. Bu ayrışma, karanlık maddenin kütleçekimsel mercekleme etkisinin sebep olduğu galaksi biçimlerindeki çarpılmaları araştıran optik teleskoplarla gözlemlenebilir. *Chandra*, aşırı ısınan baryonik maddeden yayılan x-ışınlarını tespit eder; bu da astronomların, karanlık maddenin bu kümelerin neresinde bulunduğuna dair çok iyi bilgiler elde etmelerini sağlar.

SPITZER UZAY TELESKOBU

Gökyüzündeki Kızılötesi Göz

Evren, uzak cisimlerden yayılan ışınlarla aydınlanmaktadır. Yıldızları, gezegenleri, bulutsuları ve galaksileri görünür ışık saçtıkları için görürüz. Bunlar, kozmostaki elektromanyetik spektrum adı verilen aralıkta yer alan cisimlerden yayılan bütün ışığın yalnızca ufak bir kısmıdır. Morötesi, x-ışını, gamma ışını ve kızılötesi gibi bazı emisyonlar gezegenimizin atmosferi tarafından emilerek Dünya'dan gözlem yapmayı oldukça zorlaştırır. Bu, özellikle IR olarak da bilinen kızılötesi ışık için geçerlidir. Bir kısım IR, yeryüzüne ulaşır ve yüksek rakımlı gözlemevlerindeki özel cihazlar kullanılarak tespit edilebilir; ancak çoğu buradan tespit edilemez. Astronomlar, kızılötesi ışığı tespit edebilmek için, 2003 yılında NASA tarafından uzaya fırlatılan ve bugün hâlâ aktif olan *Spitzer Uzay Teleskobu* gibi özel gözlemevlerinden faydalanmaktadırlar.

Kızılötesi Gözlemevleri

Birkaç tanesi Hawaii (Gemini, IRTF), Şili (VISTA, Gemini) ve Wyoming'de (WIRO) olmak üzere, bugün hâlâ faaliyette olan, kızılötesi ışınları algılama yeteneğine sahip bir dizi yer gözlemevi mevcuttur. Avrupa Uzay Ajansı'nın uzak-kızılötesi ve milimetre altı (radyo) emisyonlarına duyarlı olan Herschel Uzay Gözlemevi ve NASA'nın 2009'dan 2011'e kadar kullanılan Geniş-Alan Kızılötesi Araştırma Kâşifi (WISE) gibi pek çok farklı tesis de uzayda görev yapmıştır. Uzaydaki ilk IR gözlemevi, Amerika Birleşik Devletleri, Büyük Britanya ve Hollanda tarafından yapılan *Kızılötesi Astronomi Uydusu (IRAS)* idi.. 1983 yılında on ay boyunca gökyüzünün çoğunu dört defa taramıştır. Yaptığı diğer şeylerin yanı sıra, Samanyolu'nun merkezini tespit etmek için galaksimizin kalbindeki gaz ve toz bulutlarının içinden geçmiştir.

Spitzer'ın Ardındaki Bilim

Kızılötesi ışık, ilk olarak 1800 yılında Sör Frederick William Herschel tarafından tespit edilmiştir. Güneş ışığını kırmızı filtreden geçirmeye çalışırken güneş lekelerine bakmasına imkân tanıyan filtrelerle deney yapmaktaydı. Bir ısı tespit edince şaşırdı. Bu ışınım "kalorik ışınlar" adını verdi ve bunlar zaman içinde kızılötesi ışınlar olarak anılmaya başlandılar. Bu ışık, kalın gaz ve toz bulutlarının arasından geçerek içerideki sıcak cisimleri ortaya çıkarmaktadır.

Astronominin incelediği üç tür kızılötesi vardır:

1. *Yakın kızılötesi*, yer gözlemvleri tarafından tespit edilebilir. Bu, evrendeki ısı yayan herhangi bir şeyden gelebilir ve buna soğuk kırmızı yıldızlar ve devler de dahildir. Yakın bir IR-detektörü, yıldızlararası toz bulutlarının içini görebilir.
2. *Orta kızılötesi*, Dünya'daki yüksek rakımlı, az sayıdaki gözlemvinden tespit edilebildiği gibi uzaydan da incelenmektedir. Gezegenler, asteroitler, kuyruklu yıldızlar ve yeni doğmuş yıldızların etrafındaki diskler gibi daha soğuk cisimlerin varlıklarına işaret eder. Yakın yıldızlar sebebiyle ısınan toz bulutları da orta kızılötesinde görülür.
3. *Uzak kızılötesi*, yıldızlararası maddede bulunan soğuk ve kalın, gaz ve toz bulutları gibi cisimlerden yayılır. Bunların çoğu, henüz oluşmaya başlamış proto-yıldızları saklar. Galaksimizin merkezindeki hareket de bu bulutları ısıtır ve toz, uzak kızılötesi ışıkta bariz şekilde görülür. Galaksimizin düzlemi de (sarmal kollar ve kapsamlı gaz ve toz bulutlarını kapsayan bölge) uzak kızılötesinde parlak bir şekilde ışıldar.

Spitzer Uzay Teleskobu, yakın, orta ve bazı uzak kızılötesi ışıklara duyarlı olmak üzere geliştirilmiştir. Teleskop cihazlarını en soğuk şekilde tutan sıvı helyum bittiğinde esas görevi sonlanmıştır. Yine de *Spitzer*, o derece soğutma gerektirmeyen cihazlarla veri toplamaya devam etmektedir; böylece *Spitzer Warm Görevi* devam edecektir.

Lyman Spitzer Jr.: Teleskobun Ardındaki Adam

Lyman Spitzer Jr. *Hubble Uzay Teleskobu*'nun savunucusu olarak tanınmaktadır. Astrofizik eğitimi almış, Yale ve Princeton'da okumuş ve araştırma zamanının çoğunu, boş olmayıp, gaz ve tozla dolu olan yıldızlararası maddeyi inceleyerek geçirmiştir. Aynı zamanda yıldız oluşumu bölgelerini de keşfetmiştir. Princeton Plazma Fiziği Laboratuvarını kurmuş, güç üretimi için nükleer füzyonu kullanmanın yollarını bulmak için çalışmıştır. Spitzer, 1946 yılında NASA'ya, atmosferimizin bulanıklaştırma etkisinden kurtulmuş bir uzay teleskobu yapılmasını önermiştir. Bunun üzerine ajans, aralarında Hubble'ın da olduğu dört adet "Büyük Gözlemevi"ni yapmıştır. Diğerleri de şunlardır: Compton Gamma-Işını Gözlemevi (CGRO), *Chandra X-Işını Gözlemevi* ve Kızılötesi Uzay Teleskobu Tesisi (SIRTF). SIRTF zaman içinde astronomi ve astrofiziğe pek çok katkısı sebebiyle Spitzer'ın adını almıştır.

Spitzer'ın Büyük Başarıları

Spitzer Uzay Teleskobu, aşırı derecede başarılı olmuştur. 2005 yılında, uzak yıldızların yörüngesindeki iki güneş dışı gezegenden gelen ışığı doğrudan tespit eden ilk teleskop oldu. Veriler, bu yıldızların 727°C ısılarıyla "sıcak Jüpiterler" olduklarını gösteriyordu. *Spitzer* bir başka yerde, genç bir yıldızın etrafında dönen iki uzak gezegenin çarpışmasıyla ortaya çıkan ısıyı tespit etmiş olabilir. Bu, güneş sistemimizin tarihinin başlangıcında meydana gelmiş benzer çarpışmalara ayna tutabilir. *Spitzer*, en büyüleyici gözlemlerinden birinde, evrendeki en eski yıldızdan gelmesi muhtemel bir ışık yakalamıştır.

Yıldız Doğum Yerine Bakış

Yıldız doğumu, bizim görüşümüzden gizli bir şekilde, kalın gaz ve toz bulutlarının ardında gerçekleşir. *Spitzer* gibi kızılötesi-etkin teleskoplar kızılötesi ışığın avantajlarını kullanarak toz bulutlarından

içeri girip gelecekteki yıldız embriyolarını gözler önüne serer. Bu yıldız fideleri pek çok durumda, daha yaşlı ve büyük yıldız kardeşlerinden yayılan güçlü radyasyon, yıldız doğum bulutlarını oyup yok ettiğinde meydana gelen devasa, sütun biçimli oluşumların içinde boğulur. Optik teleskoplar yalnızca yıldız ışığıyla hatları belirginleşmiş bir karanlık sütun görürken *Spitzer*, yıldız doğumu sürecini gizleyen tozlu perdeyi kaldırarak yeni doğmuş yıldızları gözler önüne serer.

Kızılötesi Bilgiler

İnsanlar, kızılötesi ışıktaki, akkor hale gelmiş gibi parlarlar. Bunun sebebi, kızılötesi detektörler tarafından algılanabilen termal radyasyon (ısı) yaymamızdır. Dünya'daki doktorlar, kızılötesini bir teşhis aracı olarak kullanmaktadır ve pek çoğumuzun da kızılötesine duyarlı, gece görüşlü dürbün ve kameralardan haberi vardır. NASA ve diğer uzay ajansları, hava durumu, atmosfer olayları, okyanus sıcaklıkları ve diğer yüzey değişikliklerini gözlemek için Dünya-algılayıcı uyduları IR detektörleriyle donatmaktadır.

FERMI

Uzaydan Gamma Işını Astronomisi

Evrendeki en tuhaf fenomenlerden bazıları, gamma ışınları formunda, muazzam miktarlarda radyasyon yaymaktadır. Bunlar, elektromanyetik radyasyonun en hareketli formudur ve en aşırı yoğunluklara ve en güçlü manyetik alan ve kütleçekim gücüne sahip kozmik cisimler tarafından yayılırlar. En faal kozmik gamma ışınlarının tamamına yakını Dünya'nın atmosferi tarafından emildiğinden astronomların bunları uzaydan izlemek üzere uydular göndermesi gerekmektedir.

Koca bir kozmik bahçe dolusu gökcismi ve olaylar gamma ışını üretir. Yaklaşık olarak günde bir defa görülen gamma ışını patlamaları (GIP) Güneş'imizin 10 milyar yıllık ömründe yaydığı kadar çok enerji yayar. Bu patlamalardan bazıları, süpernova patlamaları denen devasa yıldızların ölümleriyle ilişkili görünmektedir. Süpernovalar da nükleer gamma ışını kaynaklarıdır, yıldızların patlayıcı ölüm sancıları sırasında oluşan kimyasal elementlerin özel imzalarıdır. Bu patlamalarla içine çöken yıldız çekirdekleri, Dünya'nınkinden trilyonlarca kat daha güçlü olan manyetik alanlar tarafından yönlendirilen püskürmeler halinde gamma ışınları yayabilen –atom çekirdekleri kadar yoğun, şehir boyutundaki cisimler olan– nötron yıldızlarını oluşturur. Hızla dönmeleri halinde bu cisimlere pulsar adı verilir.

En verimli gamma ışını kaynakları, uzak galaksilerin çekirdeklerinde yer alan, on binlerce ışık yılı boyunca uzanan güçlü püskürmeler yayan süper kara deliklerdir. Dünya, bu ışınımınla aynı hızda bulunursa, *blazar* adı verilen gökcisimlerini görürüz.

Gamma Işını Kaynaklarını Araştırma

Gamma ışını astronomisi, 1960'larda *Explorer XI* uydusuyla başladı. Bunu, *Orbiting Solar Observatory*, *Vela* ve gamma ışınlarına duyarlı cihazlara sahip onlarca başka uzay aracı takip etti. Elektromanyetik spektrumun çoğunlukla bu kısma yoğunlaşan ilk uzay aracı, 1991'den 2000 yılına dek gamma ışını göğünü kapsamlı şekilde araştıran *Compton Gamma-Işını Gözlemevi*'dir. Bunu, gamma ışını patlamalarına da duyarlı olan *BeppoSA* gözlemevi izlemiştir. Avrupa Uzay Ajansı, 2002 yılında Uluslararası Gamma Işını Astrofizik Laboratuvarı'nı (*INTEGRAL*) ve NASA da 2008 yılında *Fermi Gamma Işını Uzay Teleskobu*'nu fırlatmıştır. *Fermi*'nin Geniş Alan teleskobu, gökyüzünün büyük kısmında beliren gamma ışınlarını yakalarken, Gamma Işını Patlama Monitörü ani patlamalara yoğunlaşır.

Gamma Işınları ve Siz

Gamma radyasyonu ölümcül olabilir. Uzayda, bir gamma ışın patlaması ya da süpernova patlaması yakınında olsanız, gamma ışınları sizi anında öldürür. Yine de, yaşayan hücreleri öldüren bu radyasyonun özellikleri, insan bedenindeki kanserli hücrelerin yerini tespit etmek ve onları yok etmek için de kullanılabilir. Bazı yiyecek üreticileri de, taze gıdalardaki bakterileri öldürmek için gamma ışını kullanır.

Fermi'nin Evreni

Gamma ışını evreni, şiddetli bir evrendir. İtalyan yüksek enerji fizikçisi Enrico Fermi'nin (1901–1954) adını alan *Fermi*, bütün gamma ışını göğünü üç saatte bir incelemektedir. Gördüğü enerjik evren kısa aralıklarla değiştiğinden *Fermi*, gamma ışını yoğunluğundaki değişiklikleri neredeyse başlar başlamaz tespit edebilmektedir. Örneğin, başlıca keşiflerinden ilki, bütün enerjisini gamma ışınları olarak yayıyor gibi görünen ve son derece hızlı bir şekilde –her 316,86 milisaniyede bir– dönen bir pulsardır. Bu gamma ışını pul-

sarı, Güneş'in yaydığı enerjinin bin katından fazlasını yayar. *Fermi* bu keşiften sonra, bazıları bir milisaniyede bir kadar büyük bir hızda dönen, yüzden fazla gamma ışını pulsarı daha keşfetmiştir. Pek çok süpernova kalıntısında da yüksek enerjili gamma ışınları tespit edilmiştir. Bu da, ilk süpernova patlaması dalgasının yüklü parçacıkları hızlandırarak ışık hızına yaklaştırdığını gösterir.

En ilgi çekici *Fermi* projelerinden birisi, oldukça parlak görünen, aşırı derecede enerjik, çok eski galaksiler olan blazarları gözlemleyerek evrendeki uzak yıldızların bir sayımını yapmaktır. Bu blazarlardan gelen gamma ışınları, artık var olmayan yıldızlardan yayılan kozmik arka plan ışığından oluşan bir sisin içinde parlalar. Yine de ışıkları, bir yıldız sisi yaratarak evrende hızla ilerlemeye devam eder. Gamma radyasyonu, bu ekstragalaktik arka plan ışığı (EAI) boyunca seyahat ederken gözden kaybolur. Astronomlar bu sönükleşmeyi, yoğun sisin içinde kaybolan fener ışığını izledikleri gibi takip edebilirler. Seyahat ettikçe kaybolan gamma ışını yoğunluğunu ölçerek yıldız ışığı sisinin kalınlığını anlamak mümkündür; böylelikle de evrende bugüne dek ne kadar yıldız ışığının parlamış olduğu anlaşılabilir.

Fermi Gamma Işını Uzay Teleskobu, orijinalinde beş yıl olarak planlanan görevinin neredeyse sonuna gelmiştir. Astronomlar, en azından on yıl daha göreve devam edecek olan *Fermi*'yi uzak ve egzotik gamma ışını yayan cisimlerin daha çok gözlemlenmesi için kullanmayı planlamaktadır.

Gamma Işını Patlamaları

Gamma ışınlarının yüksek enerjili evreni sürekli olarak enerjik cisimlerin patlamalarıyla titreşir. Bu olayların en güçlüsü olan gamma ışını patlamaları (GIP) bizden milyarlarca ışık yılı uzaktaki galaksilerle ilişkilidir. GIP'lar oldukça kısa süreli (yaklaşık 10 milisaniye ile birkaç dakika süren) olaylardır. Sönseler de son parıltıları, ışığın başka dalga boylarının çoğunda tespit edilebilir. *Fermi* gözlemevi bu dev patlamaları incelemek üzere özel teçhizata sahiptir. Örneğin, 16 Eylül 2008'de, bugüne kadar kaydedilmiş en güçlü

patlama olan gamma ışını patlamasını kaydetmiştir. Bu olay, 9000 süpernova patlamasından daha fazla güç ve radyasyon saçmıştır; ayrıca neredeyse ışık hızıyla gaz sütunları fıskırmıştır. Bu muhteşem patlama, 12 milyar ışık yılından daha fazla uzaklıkta gerçekleşti ve yirmi üç dakika sürdükten sonra da söndü.

Dünya'daki Gamma Işınları

Fermi aynı zamanda, Dünya'daki gök gürültülü fırtına gerçekleşen yerlerin yakınında tespit edilen gamma ışınlarını da incelemektedir. Bunlara karasal gamma ışını flaşları adı verilir. Bu patlama mekanizması, atmosferdeki elektronları hızlandıran güçlü statik elektrik patlamalarından geliyor gibi görünmektedirler; bunun sonucunda elektronlar, diğer atomlarla çarpışırlar. Bu da, fırtınaların tepesinde bir gamma ışınları çağlayanı oluşturur. Bilim insanları, yoğun fırtınalar sırasında havada olan uçak ekibi ve yolcular için herhangi bir tehdit oluşturup oluşturmadıklarını anlamak için bu emisyonların etkilerini incelerler.

Fermi ve Güneş

Güneş, patlamalar sırasında inanılmaz miktarda enerji açığa çıkarabilir. 7 Mart 2012'de X5.4 sınıfı, güçlü bir güneş patlaması gerçekleşti. Bu patlama, sadece devasa miktarlarda x-ışını üretmekle kalmaz; *Fermi*'yi kullanan astronomlar aynı zamanda bu patlamadan gamma ışını yayıldığını tespit etmişlerdir; bu ışınlar öyle güçlü olmuştur ki kısa bir süreliğine Güneş, gökyüzündeki en parlak gamma ışını kaynağı olmuştur.

ASTRONOMİNİN GELECEĞİ

Gökyüzüne Bakmak

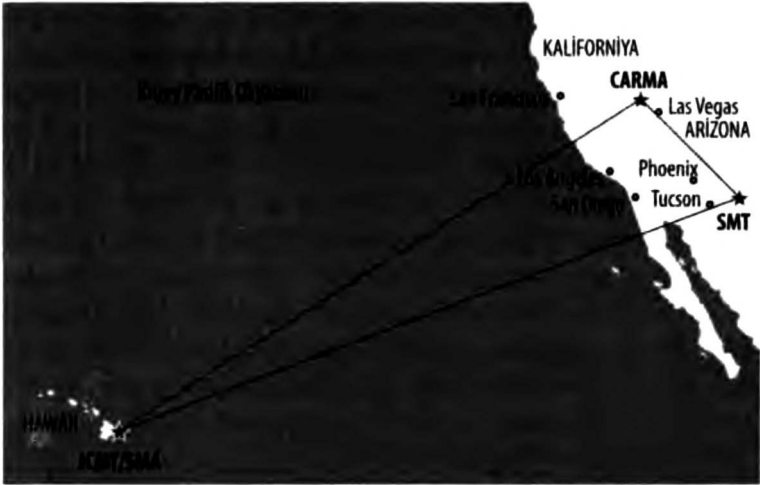
Astronomi alanında, her yıl duyurulan bütün o büyük keşiflere rağmen "her şeyin keşfedilmiş olması" mümkün mü? Hayır, değil. Astronomlar, evrenin ancak küçük bir kısmını keşfettiler. Yapılacak daha çok keşif ve açıklama mevcuttur. Dahası, halihazırdaki gözlemevlerimizden veriler aktığı için araştırmacıların, lisansüstü öğrencilerinin, tecrübeli amatörlerin ve hatta bazı başarılı lisans ve lise öğrencilerinin daha yapacağı çok iş vardır. Gözlemevlerimize o kadar çok bilgi akışı var ki, bu gözlemsel hazine sandıklarını kurcalayan astronomlar rastlantı eseri olarak bile pek çok keşif yapabilirler.

Neler Planlanıyor?

Astronominin geleceği şu anda şekillenmekte. Önümüzdeki on yılda, Atacama Büyük Milimetre Dizisiyle (ALMA) yapılan keşifleri görüp duyacağız. Kilometrekare Dizisi (SKA) gibi genişletilmiş donanımlar ve diğer cihazlar da planlanmaktadır ve gezegenimizin radyo sessiz alanlarında yapılmaktadır. Biraz daha uzak bir gelecekte astronomlar, Dünya'nın radyo dalgalarının çoğunu bozan ve radyo astronominin spesifik türlerini zorlaştıran radyo frekansı parazitinden oldukça uzakta, Ay'ın uzak ucuna radyo teleskopları dizileri kurmayı planlamaktadırlar.

Optik astronomide, yeryüzünde gerçekleşecek olan bir sonraki önemli gelişme Otuz Metrelik Teleskobun (OMT) Hawaii'nin Büyük Ada'sında inşa edilecek olmasıdır. Bu projenin merkezinde, optik ve kızılötesi astronomiyi kullanıp evrenin şimdiye kadarki en net fotoğraflarını gönderebilecek olan otuz metrelik, bölümlere ayrılmış bir ayna yer almaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Hindistan'ın yanı sıra Japonya'nın Ulusal Astronomi Gözlemevi de bu projeye ortak olmuştur.

Kızılötesi uzay astronomisi, *James Webb Uzay Teleskobu (JWUT)* önümüzdeki on yıl içinde yörüngeye girdiğinde hareketlenecektir. *Hubble Uzay Teleskobu*'nun yerine geçecek olan teleskobun, beş ila on yıl arası görev yapması planlanmaktadır. *Spitzer Uzay Teleskobu* ve diğer kızılötesi gözlemevleri gibi *JWUT* da yıldız doğumu ve yıldız ölümü süreçlerine bakmaya, güneş sistemi dışındaki gezegenleri doğrudan görüntüleme girişimlerine ve evrenin ilk zamanlarından gelen ışığı aramaya devam edecek.



Radyo astronomide çok uzun referans değeri interferometresi (OUTİ) çok hassas biçimde çok küçük alanlara odaklanmak üzere birçok teleskobu birbirine bağlar. Teleskop dizileri, teleskopların sinyal toplama gücünü artırmak için oluşturulur. Diziler, gelecekte çok önemli roller oynayacaktır.

Gezegen Keşfi

Güneş sistemimizin keşfi, NASA Mars'a görev araçları göndermeye devam ettikçe ve halihazırda üzerinde çalışılmakta olan Satürn ve Plüton görevlerini devam ettirdikçe sürecektir. Çin, Ay'ı keşfetmekle yakından ilgilenmektedir; Mars ve belki birkaç asteroitle de ilgilendiğine dair söylentiler mevcuttur. Modernleşme süreci, astronomiye odaklanmayı da içerdiğinden Çin yeni gözlem evleri inşa etmekte ve birçok yeni araştırmacı yetiştirmektedir. Şili ve Arjantin, Güney Amerika'da yeni yapılacak olan başlıca gözlem evlerinde ortak olmaktadır; Avrupa Uzay Ajansı da Dünya'nın iklimini incelemek için yeni görevler ve son derece başarılı olan *Mars Express* programının devamı niteliğinde bir Mars Numune Toplama görevi planlamaktadır. AUA buna ek olarak karanlık maddeyi araştırmak, Güneş'i incelemek ve Jüpiter'i ziyaret etmek için gayet iddialı bir yol haritası olacak Kozmik İmgelem görevini planlamaktadır.

İnsanlı Uzay Uçuşu

Uzay keşfi, yıllar boyunca, uzay uçuşunun sıkıntılarına karşı eğitilmiş ve buralardaki bazı belirli görevleri yerine getirmek üzere Dünya'nın yörüngesine ya da Ay'a gitmiş kişilerle sınırlıydı. Günümüzdeyse, "sıradan" insanlar için de Dünya'ya yakın yerlere geziler planlanmakta. Bunlar elbette ki başlarda yüksek ücretli olacaklar fakat günün birinde Ay'daki yörünge otelleri veya tatil yerlerine geziler yapmak sıradanlaşacak. Uzay ajansları için bir diğ er büyük hedef de Mars'a geziler düzenlemek. Öngörölü kimseler, bazı Mars'ı keşfetme senaryoları ürettiler; bunların arasında jeolojik keşif için gezegende uzun süre boyunca kalmak ve zaman içinde Kızıl Gezegen'de kalıcı bir habitat ve koloniler kurmak da var.

Uzak Ufuklar

Uzayın derinliklerini keşfetmek hâlâ hemen hemen herkesin gündeminde. AUA'nın gelecek planları arasında, Plato adında bir

güneş dışı gezegen araştırma görevi ve LISA adından bir kütleçekimsel dalga programı (NASA'yla ortak) bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 8,4 metrelik Büyük Sinoptik Araştırma Teleskobu planlanma aşamasındadır. Bu teleskop bütün gökyüzünü birkaç gecede bir görüntüleyecektir. Teleskobun, Şili'deki Gemini Güney Teleskobuna ev sahipliği yapan Cerro Pachón Dağı'nda yapılması planlanmaktadır. Yapıldıktan sonra Samanyolu'nun haritasını çıkaracak, zayıf kütleçekimsel merceklenmeyi tespit etmek için uzak cisimlerden gelen ışığı ölçecek, Dünya'ya yakın asteroitleri ve Kuiper Kuşağı cisimlerini (Neptün'ün yörüngesinin ötesindeki cisimleri) araştırarak, nova ve süpernova patlamaları gibi kısa ömürlü olayları gözleyecek.

Kesin olan bir şey var ki geleceğin astronomisi birkaç ülkeyle sınırlı kalmayacak. Bir bilim dalı olarak astronomi, "teleskopları başındaki yalnız dâhiler"den ortak bir hedef için yıllarca birlikte çalışan insanların oluşturduğu büyük, çok uluslu işbirliklerine dönüşmüştür. Bu Büyük Bilim projelerine katılan ülkelerin, astronomi öğrenmek ve işlerini geleceğe taşımak için yetenekli ve eğitilmiş öğrencilere ihtiyacı olacak. Amerika Birleşik Devletleri'nde bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM eğitim standardı) disiplinleri öğrencileri geleceğe taşımayı hedeflemektedir. Kozmosu daha iyi anlamayı çok isteyen insanın göklerle erişmeye devam etmesi için bütün bu disiplinlerin desteğine ihtiyacı var.

Astronomi Eğitimi

Astronominin geleceği, bilimin temelleriyle ilgilenen ve bu konuda eğitim almak isteyen öğrencilere bağlıdır. Yine de Amerika'daki pek çok eğitim müfredatındaki astronomi konuları, oldukça azdır. Astronomi, aşağıdaki disiplinlere yönelten bir geçiş bilimi olarak da bilinir:

- Fizik
- Jeoloji
- Matematik
- Biyoloji

- Bilgisayar programcılığı
- Mühendislik
- Kimya

Planetaryumlar ve bilim merkezlerindeki astronomlarla destek programı profesyonellerinin yanı sıra amatör astronomlar da, hem okullarda, hem de halk arasında astronomi ve FeTeMM konuları için sağlıklı eğitim desteği sunmak adına Pasifik Astronomi Toplumu gibi kuruluşlarla birlikte çalışmaktadırlar.

SİZ DE ASTRONOMİYLE UĞRAŞABİLİRSİNİZ

Gelecek Yıldızlarda

Astronomiyle uğraşmak sadece profesyonel gözlemcilerle ve büyük teleskoplarla sınırlı değildir. Yüzbinlerce amatör astronom da gökyüzünü izlemektedir. Bazıları sadece dışarı çıkıp gökyüzüne bakarak manzaranın tadını çıkarır, bazıları da teleskoplarını kurup astrofotoğrafçılık yapar; birkaçı bilimsel araştırmalara bile katkıda bulunurlar. Astronomiye başlamak da çok kolaydır; dışarı çıkıp bulutsuz ve karanlık gökyüzüne bakmanız yeterlidir. Acemi bir yıldız gözlemcisiyseniz gördüğünüz şey karşısında büyüleneceksiniz ve çok geçmeden gözlemlediğiniz cisimler hakkında daha çok şey bilmek isteyeceksiniz.

Yukarıda Neler Oluyor?

Gün içinde genellikle tek bir yıldız görülebilmektedir: Güneş. Ayın belirli günlerinde Ay'ı da gündüzleri görebilirsiniz. Geceleriye keşfedeceğiniz gezegenler, Ay, yıldızlar ve galaksiler vardır. Yıldız haritaları gökyüzünde yönünüzü bulmanıza yardımcı olur. Bunlar, gözlemlediğiniz ay veya mevsim içinde gök cisimlerinin hangi konumlarda bulunduğunu gösteren haritalardır. Yıldız haritaları için pek çok çevrimiçi kaynak olduğu gibi, *Sky & Telescope* (Gökyüzü ve Teleskop) ile *Astronomy* (Astronomi) gibi dergiler de mevcuttur.

İnsanlar astronomiyle "uğraşmak" için genellikle kocaman teleskoplar ve kameralar satın almaları gerektiğini düşünürler. Aslında hiç de öyle değil. Çıplak gözle yapılan gözlemler başlamak için en iyi yoldur. Bu, gökyüzüne bakıp yıldızları öğrenmek kadar basittir. Amatör gözlemciler için pek çok iyi kitap mevcuttur ve bunlar yıldızları ve takımyıldızları daha detaylı bir şekilde keşfetmenize yardımcı olur. Öğrenilmesi en kolay ve en iyi kitaplardan biri H. A. Rey'in yazdığı *Find the Constellations*'dır (Takımyıldızlarını Bulun). Çocuklar ve ebeveynleri için yazılmış olan bu kitap harika bir başlangıç kitabıdır. Yine Rey tarafından yazılmış olan *The Stars*:

A New Way to See Them (Yıldızlar: Onlara Bakmanın Yeni Bir Yolu) daha büyük çocuklar ve yetişkinler için yazıldığından daha detaylı bilgiler içerir.

Ekipman Coşkusu

Eğer ekipman almak istiyorsanız ne görmek istediğinizi düşünün. Yapmaya çalıştığınız şey uzaktaki cisimleri görebilmek için onlara daha yakından bakmaktır. En iyisi dürbünle başlamaktır. Görüntüyü büyüten dürbünleri kullanmak oldukça kolaydır. Gökyüzünü tanıyıp daha detaylı incelemek istediğiniz favori cisimleriniz olduğu zaman bir teleskop almayı düşünebilirsiniz.

Ne çeşit bir teleskop almanız gerektiği, hangi gök cisimlerini izlemek istediğinize bağlıdır. Zor kazandığınız parayı merceklerle yatırmadan önce başka insanların teleskoplarına bakın. Satın almadan önce onlara sorular sorarak sıkı bir çalışma yapın. Gökyüzü ve *Sky & Telescope* ve *Astronomy* dergilerinde yer alan iyi cihaz satın alma rehberlerine de göz atabilirsiniz.

Ne Gözlemleyeceksiniz?

Gözlemlenmesi en kolay olan gök cisimleri gezegenler, özellikle de Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn'dür. Çıplak gözle seçilebilen bu gezegenler genellikle yıldızlardan daha parlak oldukları için göze çarparlar. Uranüs ve Neptün'ü bulmak istiyorsanız iyi bir amatör teleskobuna ihtiyacınız olacaktır. Bunların ardından çift-yıldızları tespit edebilirsiniz. Sonra da Yengeç Takımyıldızı'ndaki Arı Kovanı veya Kahraman Takımyıldızı'ndaki Çift Küme gibi yıldız kümelerini arayabilirsiniz. Bulunduğunuz yerdeki gökyüzü gerçekten karanlıksa, özellikle de yaz ve kış göklerinde Samanyolu'nu seçebilirsiniz. Bunlar, gökleri keşfe başladığınızda sizi bekleyen muhteşem manzaralardan sadece birkaçıdır!

Gözlemlenmesi Kolay Hedefler

Dürbününüz ya da küçük bir teleskobunuz varsa aşağıdakileri gözlemleyebilirsiniz:

1. Ay: Kraterleri ve diğer yüzey özelliklerini görebilirsiniz.
2. Mars: Küçük bir teleskopla, karanlık ve aydınlık noktalarını ve kutup buzullarını fark edebilirsiniz.
3. Jüpiter: Dürbünle en parlak dört uydusuna bakabilirsiniz.
4. Satürn: Dürbünle halkalarını, teleskopla da parlak uydusu Titan'ı izleyin.
5. Andromeda Galaksisi: W-şeklindeki Cassiopeia takımyıldızının yakınındadır. Ağustostan martın bir kısmına kadar görülebilmektedir; çıplak gözle çok az görülür.
6. Orion Bulutsusu: En iyi kasımdan nisan ortasına kadar gözlenir; Orion kuşağındaki üç yıldızın hemen altındadır.
7. Alcor ve Mizar: Büyükayı'nın kulpunun kıvrımında bulunan bir çift yıldız.
8. Albireo: Cygnus takımyıldızında bulunan bu güzel çift yıldız en iyi temmuz ile kasım arası geceleri görünür.

Dünya'dan Merkür'ü Gözlemlemek

Dünya'dan çıplak gözle gezegenlerin beşini görmek gayet kolaydır. Yıldızlarla dolu bir arka planda, parlak ışık noktaları gibi görünürler (Uranüs ve Neptün, iyi bir teleskop olmaksızın görülemeyecek kadar sönüktür). Merkür, Güneş'e yakın bir yörüngede olduğundan onu gözlemlemek zordur. Yine de gözlemcilerin onu birkaç günlüğüne görebildikleri belirli zamanlar vardır. En yüksek doğu uzanımı denen gün batımı zamanında ve en yüksek batı uzanımı denen gün doğumu zamanında Merkür'e bakabilirsiniz. Uzanım, Merkür'ün gökyüzündeki yörüngesindeki noktaları, gezegenin Güneş'ten en uzak olduğu noktada Dünya'dan görülen haliyle ifade eden bir terimdir. Aşağıdaki tablo size, sonraki birkaç yıl boyunca en iyi zamanları, tarih ve konumları (ufuktaki dereceleriyle) ve Merkür'ün parlaklığını vermektedir. Örneğin 9 Ekim 2013'te, gökyüzünün batısında, Güneş'in 25,3 derece doğusunda (konum olarak) parlak bir ışık noktası olarak belirecektir. 18 Kasım'da da Güneş'in 19,5 derece batısında (bu yüzden gün doğumundan önce bakılmalıdır) sabah göğünde belirecektir.

Merkür'ü Gözlemlemek İçin En İyi Zamanlar

ZAMAN	TARİH	UZANIM	KADİR
Akşam (gün batımından sonra)	9 Ekim 2013	25.3°D	+0.2
Sabah (gün doğumundan önce)	18 Kasım 2013	19.5°B	-0.3
Akşam (gün batımından sonra)	31 Ocak 2014	18.4°D	-0.3
Sabah (gün doğumundan önce)	14 Mart 2014	27.6°B	+0.4
Akşam (gün batımından sonra)	25 Mayıs 2014	22.7°D	+0.7
Sabah (gün doğumundan önce)	12 Temmuz 2014	20.9°B	+0.6
Akşam (gün batımından sonra)	21 Eylül 2014	26.4°D	+0.3
Sabah (gün doğumundan önce)	1 Kasım 2014	18.7°D	-0.3
Akşam (gün batımından sonra)	14 Ocak 2015	18.9°D	-0.4
Sabah (gün doğumundan önce)	24 Şubat 2015	26.7°B	+0.3
Akşam (gün batımından sonra)	7 Mayıs 2015	21.2°D	+0.5
Sabah (gün doğumundan önce)	24 Haziran 2015	22.5°B	+0.7
Akşam (gün batımından sonra)	4 Eylül 2015	27.1°D	+0.5
Sabah (gün doğumundan önce)	16 Ekim 2015	18.1°B	-0.3
Akşam (gün batımından sonra)	29 Kasım 2015	19.7°D	-0.3

Şu konuda dikkatli olmalısınız: Merkür'ü ararken Güneş'in gökyüzünde olmadığından emin olun. Güneş'e doğrudan bakarak gözlerinize zarar vermemelisiniz.

Işık Kirliliği: Astronomların Başının Belası

İnsanlar her gece gökyüzünü gereksiz ışıklarla kirlletmektedir. Gökyüzünün görülmesine engel olan bu ışıklar için ışık kirliliği terimi kullanılmaktadır. Bu sadece yıldızları görmemizi engellemekle kalmaz; aynı zamanda sağlık problemlerine sebep olur ve gerekli olmayan yerlerdeki ışıklar için fazlasıyla para harcanır. Işık kirliliği sebebiyle gökyüzündeki en parlak yıldızları ve gezegenleri kırsal bölgelerde yaşayanlar görür. Pek çok büyük şehirde insanlar sadece birkaç yıldız görür ve Samanyolu'nu hiç görmemiş pek çok kişi vardır.

Kimse ampulü yok etmemiz gerektiğini ileri sürmüyor. Evlerimizi ve caddelerimizi güvenli bir şekilde aydınlatıp yıldızları görüş alanımızda tutmanın da yolları var. İnsanlar, evlerindeki gereksiz ışıkları söndürerek yardımcı olabilirler. Eğer o ışıkların yanması gerekliyse de bunları doğrudan aydınlatılması gereken alana yöneltin. Ve şunu unutmayın: Yıldızlar herkesin mirasıdır.

Gözlem Hedefleri: Tutulmalar

Bir tutulmanın gözlemlene deneyimini tamamen anlatabilecek bir ifade yoktur. İnsanlar güneş tutulmalarını (özellikle de tam tutulmaysa) deneyimlemek için dünyayı dolaşmaktadırlar. Ay'ın ağır Güneş'i örtmesini izlemek ve gün içerisinde birkaç dakika karanlık deneyimlemek için dünyayı dolaşan pek çok tutulma takipçisi vardır.

İki çeşit tutulma vardır: ay tutulması ve güneş tutulması. Ay tutulması, Ay Dünya'nın gölgesine girdiğinde oluşur. Birkaç saat süren tutulma sırasında Ay koyu, paslı bir kırmızı renge bürünmüş gibi görünür. Güneş tutulmasıysa, Ay, Dünya ve Güneş arasına girdiğinde meydana gelir. Bir tam güneş tutulması sırasında Dünya'nın yüzeyindeki gölgenin oluşturduğu yerden gözlem yapıyorsanız Ay'ın, Güneş'in taç küresi –Güneş'in atmosferinin ince, üst katmanı– dışında her şeyi gizlediğini görürsünüz. Gözlem yaptığınız yerdeki sıcaklık düşer ve kısa bir süre için alacakaranlık gökyüzünün derinliklerinde en parlak yıldızları ve gezegenleri görebilirsiniz. Ay'ın Güneş'in tamamını kaplayamadığı, halkalı tutulmalar adındaki olaylar da mevcuttur. Gözlemciler tutulma sırasında bir "ateş halkası" görürler. Bölgenizde meydana gelecek olan her türlü tutulmayı öğrenmek ve bu muhteşem olaylar hakkında kapsamlı bilgi almak için www.mreclipse.com sitesini ziyaret edin.

TEŞEKKÜRLER

"Zekâlarına güvendiğim" astronom arkadaşlarım ve meslektaşlarımdan oluşan danışman grubuma teşekkür ederim: Natalie Batalha, Jack Brandt, Tania Burchell, Lynn Cominsky, Dennis Crabtree, Jack Dunn, Davin Fleteau, David Grinspoon, Madulika Guthakurtha, Nicole Gugliucci, Christine Pulliam, Catherine Quattrough, Seth Shostak, Mike Snow, Padma Yanamandra-Fisher ve Adams Media'daki editörler. Süreç boyunca herkes oldukça ikna edici ve yararlı tavsiyelerde bulundu. Bütün taslağı okuyup mükemmel yorumlar yaptığı ve ben kitabı yazarken sevgi ve desteğini esirgemediği için her zamanki gibi Mark C. Petersen'a özellikle teşekkür ederim.

KAYNAKÇA / REFERANSLAR

Kitapta kullanılan basılı referanslar:

- Beatty, J. K., C. C. Petersen, ve A. C. Chaikin, *The New Solar System*, Fourth Ed., Cambridge University Press/Sky Publishing, 1998.
- Bennett, Jeffrey O., Nicholas Schneider, ve Mark Volt, *Cosmic Perspective*, Addison Wesley, 2004.
- Brown, M. *How I Killed Pluto and Why It Had It Coming*, Spiegel and Grau, 2010.
- Hartmann, W. K., *A Traveler's Guide to Mars*, Workman Press, 2003.
- Lankford, J., ed., *History of Astronomy*, Cambridge University Press, 1997.
- Pasachoff, J., *A Field Guide to Stars and Planets*, Dördüncü Baskı, Houghton Mifflin, 2006.
- Petersen, C., ve J. Brandt, *Hubble Vision*, İkinci Baskı, Cambridge University Press, 1998.
- Petersen, C., ve J. Brandt, *Visions of the Cosmos*, Cambridge University Press, 2003.
- Rees, M., *Universe: The Definitive Visual Guide*, Smithsonian Press/DK, 2012.
- Sagan, C., *Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space*, Random House, 1994.
- Rey, H. A., *Find the Constellations*, Houghton Mifflin, 2008.
- Rey, H. A., *The Stars: A New Way to See Them*, Houghton Mifflin, 2008.
- Strom, R. G., ve A. L. Sprague, *Exploring Mercury*, Springer/Praxis, 2003.

Tavsiye Edilen Süreli Yayınlar

Astronomy dergisi (www.astronomy.com)

Sky & Telescope dergisi (www.skyandtelescope.com)

Çevrimiçi Referanslar

GÜNEŞ SİSTEMİ

www.solarsystem.nasa.gov/planets/index.cfm

www.starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/solar_system_level1/solar_system.html

www.universetoday.com/15959/interesting-facts-about-the-solar-system

GÜNEŞ

www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/index.html

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sun

www.sohowww.nascom.nasa.gov

www.sdo.gsfc.nasa.gov

www.nasa.gov/mission_pages/stereo/main/index.html

UZAY İKLİMİ

www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/index.html

www.spaceweather.com

www.haystack.mit.edu/atm/index.html

MERKÜR

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury

www.nasa.gov/mission_pages/messenger/main/index.html

VENÜS

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Venus

DÜNYA

www.earthobservatory.nasa.gov

www.nasa.gov/topics/earth/index.html

AY

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Moon

www.nasa.gov/topics/moonmars

MARS

www.mars.jpl.nasa.gov

www.nasa.gov/mission_pages/mars/main/index.html

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mars

JÜPİTER

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jupiter

www.solarsystem.nasa.gov/galileo

www.voyager.jpl.nasa.gov

SATÜRN

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Saturn

www.saturn.jpl.nasa.gov

www.voyager.jpl.nasa.gov

URANÜS

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Uranus

www.voyager.jpl.nasa.gov

NEPTÜN

www.voyager.jpl.nasa.gov

www.nineplanets.org/neptune.html

www.hubblesite.org

PLÜTON

www.nasa.gov/mission_pages/newhorizons/main/index.html

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Pluto

KUYRUKLUYILDIZLAR

www.solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Comets

METEORLAR VE METEORTAŞLARI

www.skyandtelescope.com/observing/objects/meteors

www.stardate.org/nightsky/meteors

www.nineplanets.org/meteorites.html

ASTEROİTLER

www.neo.jpl.nasa.gov

www.iau.org/public/nea

www.solarsystem.nasa.gov/planets/index.cfm

YILDIZLAR

www.imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_l2/stars.html

www.stars.astro.illinois.edu/sow/sowlist.html

YILDIZ KÜMELERİ

www.hubblesite.org/explore_astronomy

YILDIZ DOĞUMU

www.hubblesite.org/hubble_discoveries/hstexhibit/stars/starbirth.shtml

www.science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/how-do-stars-form-and-evolve

www.coolcosmos.ipac.caltech.edu

YILDIZ ÖLÜMÜ

www.imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_l2/supernovae.html

www.burro.astr.cwru.edu/stu/stars_lifedeath.html

KARA DELİKLER

www.hubblesite.org/explore_astronomy/black_holes

www.science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/black-holes/

www.damtp.cam.ac.uk/research/gr/public/bh_intro.html

GALAKSİLER

www.science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-are-galaxies

www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/science/milky_way_galaxy.html

www.damtp.cam.ac.uk/research/gr/public/gal_home.html

GALAKSİ OLUŞUMU

www.jwst.nasa.gov/galaxies.html
www.astr.ua.edu/keel/galaxies/galform.html

SAMANYOLU

www.curious.astro.cornell.edu/milkyway.php
www.science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-are-galaxies
www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/science/milky_way_galaxy.html

AKTİF GALAKSİLER VE KUASARLAR

www.imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_l1/active_galaxies.html
www.stsci.edu/~marel/abstracts/abs_L2.html
www.bdaugherty.tripod.com/gcseAstronomy/active.html

KARANLIK MADDE

www.science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-is-dark-energy
www.chandra.harvard.edu/xray_astro/dark_matter

KÜTLEÇEKİMSEL MERCEK

www.imagine.gsfc.nasa.gov/docs/features/news/grav_lens.html

BÜYÜK PATLAMA

www.science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-powered-the-big-bang
www.exploratorium.edu/origins/cern/ideas/bang.html

BİLİM-KURGU EVRENİ

www.nasa.gov/centers/glenn/technology/warp/warpstat_prt.htm
www.nasa.gov/centers/glenn/technology/warp/ideachev.html

DÜNYA DIŞI YAŞAM

www.seti.org

ASTRONOMİ TARİHİ

www.historyofastronomy.org

NICOLAUS COPERNICUS

www.scienceworld.wolfram.com/biography/Copernicus.html

www.plato.stanford.edu/entries/copernicus

GALILEO GALILEI

www.galileo.rice.edu

www.plato.stanford.edu/entries/galileo

JOHANNES KEPLER

www.kepler.nasa.gov/Mission/JohannesKepler

www.galileo.rice.edu/sci/kepler.html

www.galileoandeinstein.physics.virginia.edu/1995/lectures/kepler.html

HERSCHEL AİLESİ

www.williamherschel.org.uk

ISAAC NEWTON

www.galileoandeinstein.physics.virginia.edu/lectures/newton.html

www.newton.ac.uk/newtlife.html

HENRIETTA SWAN LEAVITT

www.womanastronomer.com/hleavitt.htm

www.web.mit.edu/invent/iow/leavitt.html

www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/baleav.html

EDWIN P. HUBBLE

www.edwinhubble.com

www.quest.arc.nasa.gov/hst/about/edwin.html

www.hubblesite.org/reference_desk/faq/answer.php.id=46&cat=hst

ALBERT EINSTEIN

www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1921/einstein-bio.html

www.einstein.biz

www.alberteinstein.info

JOCELYN BELL BURNELL

www.aip.org/history/ohilist/31792.html

www.starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/whos_who_level2/bell.html

VERA COOPER RUBIN

www.aip.org/history/ohilist/5920_1.html

www.innovators.vassar.edu/innovator.html?id=68

www.phys-astro.sonoma.edu/brucemedalists/rubin/index.html

CLYDE TOMBAUGH

www.icstars.com/HTML/icstars/graphics/clyde.htm

www.starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/whos_who_level2/tombaugh.html

MIKE BROWN

www.gps.caltech.edu/~mbrown

ASTROFİZİK VE ASTRONOMİ

www.science.nasa.gov/astrophysics

www.imagine.gsfc.nasa.gov/docs/ask_astro/ask_an_astronomer.html

www.nrao.edu/index.php

ASTROBİYOLOJİ

www.astrobiology.nasa.gov

GEZEĞEN BİLİMİ

www.science.nasa.gov/planetary-science

www.science.jpl.nasa.gov/PlanetaryScience/index.cfm
www.lpi.usra.edu/library/website.shtml

KOZMİK ZAMAN MAKİNELERİ

www.ifa.hawaii.edu/mko
www.obs.carnegiescience.edu
www.gemini.edu
tdc-www.harvard.edu/mthopkins/obstours.html

HUBBLE UZAY TELESKOBU

www.hubblesite.org

KEPLER GÖREVİ

www.kepler.nasa.gov
www.thekeplermission.com

CHANDRA X-IŞINI GÖZLEMEVİ

www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1983/chandra-sekharautobio.html
www.chandra.harvard.edu

SPITZER UZAY TELESKOBU

www.spitzer.caltech.edu
www.hubblesite.org/the_telescope/hubble_essentials/lyman_spitzer.php

FERMI GÖREVİ

www.fermi.gsfc.nasa.gov/
www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/main/index.html

ASTRONOMİNİN GELECEĞİ

www.tmt.org
www.nrao.edu/index.php
www.skatelescope.org

SİZ DE ASTRONOMİYLE UĞRAŞABİLİRSİNİZ

www.astronomy.starrynight.com

www.bisque.com

www.darksky.org

www.shatters.net/celestia/

www.space.com

www.star-map.fr

www.stellarium.org

DİZİN

A

- Açık yıldız kümeleri 97, 100
Albireo 260
Alcor ve Mizar 260
Alcubierre, Miguel 152
Andromeda Galaksisi 13, 115,
116, 123, 125, 147, 183, 189,
198, 260
Andromeda Sarmal Bulutsusu
186
Ariel 67, 220, 240
Asteroit Kuşağı 16, 85, 89, 90, 91
Asteroitler 18, 21, 42, 47, 51, 86,
87, 88, 89, 90, 91, 207, 222,
223, 246, 256
Astrobiyoloji 215, 216, 217
Astrofizik 92, 160, 184, 190, 209,
247, 250
Astronome kadınlar 184
Astronomik birim (AU) 13, 135
Aşınma ve erozyon 22
Avrupa Uzay Ajansı 38, 40, 54,
69, 83, 91, 177, 181, 210, 216,
229, 240, 245, 250, 255

B

- Batlamyus, Claudius 163, 168,
170

- Beyaz cüceler 96, 114, 119, 234,
241
Brahe, Tycho 81, 170, 171, 172,
228
Brown, Mike 205, 206
Burnell, Jocelyn Bell 194, 195,
196, 197
Buzul volkanizması 21, 63, 67, 75
Büyük Kırmızı Leke 56, 59
Büyük Koyu Leke 73
Büyük Patlama 105, 118, 124,
137, 142, 143, 144, 145, 146,
147, 148, 213, 225

C

- Callisto 19, 57, 58
Cassini 59, 60, 61, 63, 91
Ceres 21, 76, 89
Chandra X-ışını Gözlemevi 212,
240, 241, 243, 247
Charon 75, 76
Copernicus, Nicolaus 159, 160,
162, 163, 164, 165, 168, 170,
171, 173
CoROT 237
Cüce gezegen 16, 18, 19, 21, 42,
74, 75, 76, 89, 203, 205, 206,
207, 208, 220

D

Deimos 19, 51
Dönme eğrileri 199
Dünya dışı yaşam 10, 154, 216

E

Einstein, Albert 113, 141, 142,
150, 151, 190, 191, 192
Ekstremofiller 217
Enceladus 62, 63, 64, 154, 220
Eris 16, 19, 21, 74, 75, 76, 205,
206, 207, 208
Europa 19, 57, 154, 220

G

Galilei, Galileo 19, 23, 57, 58, 59,
60, 72, 91, 159, 163, 166, 167,
168, 169, 170, 173, 180, 225
Galilei Uyduları 19, 57, 58
Gamma ışını astronomisi 196,
212, 249, 250
Ganymede 19, 33, 57, 220
Gayzerler 63, 64, 71
Gaz devı 16, 19, 56, 60, 62, 66,
70, 71, 76, 220, 222
Geç Dönem Ağır Bombardıman
222
Gezegen bilimi 9, 65, 205, 215,
219
Gigaparsek 13, 136
Güneş çekirdeği 25, 106
Güneş lekeleri 25, 26, 167, 169,
176, 246

Güneş minimumu/maksimumu
25, 26, 29
Güneş rüzgârı 26, 28, 34, 36, 38,
79, 80, 81, 211, 243

H

Halka Bulutsusu 106
Halley Kuyrukluyıldızı 81, 82
Haumea 16, 21, 76, 205, 206, 208
Hayyam, Ömer 161
Herschel Uzay Gözlemevi 210,
245
Hewish, Antony 194, 196
Hubble (Çatal) Düzeni 116, 188
Hubble, Edwin P. 116, 161, 183,
186, 187, 188, 189, 229
Hubble Uzay Teleskobu 53, 58,
61, 67, 68, 73, 75, 77, 97, 106,
115, 142, 143, 147, 186, 188,
207, 211, 214, 229, 231, 232,
233, 241, 247, 254
Huygens, Christiaan 60

I

Io 19, 21, 57
Işık yılı (ly) 13, 14, 80, 99, 101, 104,
106, 108, 111, 117, 122, 123,
124, 135, 136, 138, 141, 142,
151, 154, 235, 249, 251, 252

K

Kara cüce 106
Kara delikler 110, 111, 112, 113,
114, 120, 123, 125, 126, 127,

- 128, 129, 131, 142, 147, 150,
152, 160, 179, 190, 231, 240,
241, 243, 249
- Karanlık enerji 133, 134, 135,
137, 144, 146, 147
- Karanlık madde 114, 115, 118,
124, 130, 131, 132, 133, 135,
137, 143, 146, 160, 198, 200,
201, 244, 255
- Kepler görevi 234, 235, 236, 237
- Kepler, Johannes 23, 81, 159,
160, 161, 163, 170, 171, 172,
173, 238
- Kepler Kanunları 19
- Kırmızı devler 96, 136
- Kırmızıya kayma 14, 15, 127
- Kızılötesi astronomi 210, 228,
245, 253
- Koronal kütle atımı 26, 29, 31
- Kuasarlar 126, 127, 128, 129,
136, 139, 141, 243
- Kuiper Kuşağı 16, 18, 19, 74, 75,
76, 77, 78, 83, 90, 207, 208,
220, 256
- Küresel yıldız kümeleri 97, 98
- Kütleçekimsel mercekleme 113,
139, 141, 142, 143, 191, 244,
256
- L**
- Leavitt, Henrietta Swan 182,
183, 184
- Leibniz, Gottfried 180
- Le Verrier, Urbain 72
- Lowell Gözlemevi 77, 202, 203,
204
- M**
- Macellan Bulutu 104
- Maviye kayma 14
- Megaparsek 13, 136, 137, 187
- MESSENGER 35, 36
- Meteor yağmurları 86
- Miranda 67, 68, 220
- Moleküler bulutlar 99, 100, 102,
103, 236
- Morötesi astronomi 211
- N**
- Newton, Sir Isaac 81, 139, 160,
163, 178, 179, 180, 181, 212,
225, 240
- Nötron yıldızları 108, 109, 114,
131, 195, 197, 240, 241, 243,
249
- Nükleer füzyon 25, 26, 93, 102,
104, 106, 107, 108, 130, 247
- O**
- Oberon 67
- Oort Bulutu 18, 78, 79, 83
- Orion 93, 94, 101, 104, 123, 260
- P**
- Parsek 13, 97, 136, 153
- Plajiyoklaz 48
- Pulsarlar 109, 114, 194, 195, 196,
197, 200, 234, 249, 250, 251

R

Regolit 48, 223
Rubin, Vera Cooper 198, 199,
200

S

Sagan, Carl 10, 41, 93, 149
Samanyolu Galaksisi 122, 124,
196, 211
Sefe değişkenleri 116, 136, 182,
183, 186, 187
Sera gazları 39, 43
Shoemaker-Levy 9 Kuyrukluylı-
dızı 58, 222
Solucan delikleri 149, 150, 151,
152
Spitzer, Lyman, Jr. 229, 247
Spitzer Uzay Teleskobu 210, 238,
241, 245, 246, 247, 254
Standart mumlar 136, 187
Süblimleşme 79
Süpernova 95, 99, 102, 103, 105,
108, 111, 113, 136, 147, 195,
197, 199, 211, 212, 231, 243,
249, 250, 251, 252, 256

T

Titan 33, 62, 63, 154, 211, 216,
220, 260
Titania 67, 220
Tombaugh, Clyde 74, 77, 202,
203, 204, 207
Triton 71, 72, 220

U

Uluslararası Astronomi Birliği
(UAB) 21, 74, 75
Umbriel 67
Uzay iklimi 26, 27, 28, 29, 30, 31
Ülker 13, 101

V

Voyager 26, 41, 58, 59, 60, 63, 67,
68, 71, 72, 73

W

Whipple, Fred 82

X

X Gezegeni 77, 203, 207
X-ışını astronomisi 196, 240

Y

Yıldız kümeleri 92, 97, 98, 100,
104, 113, 175, 259
Yıldız nükleosentezi 93, 105

Z

Zwicky, Fritz 199, 200