

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

A stylized illustration featuring a large sun with radiating lines in the top left, a large planet with a cratered surface in the top center, and a smaller planet with radiating lines in the top right. The background is white with faint, stylized sun and planet motifs in the corners.

Uzay

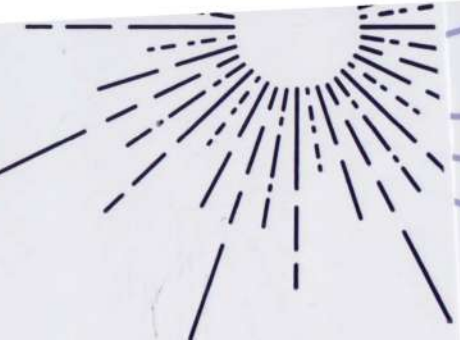
Hakkında Bilmeniz
Gereken 10 Şey

*Zamanı olmayanlar için
bir çırpıda 14 milyar yıl*

DR. BECKY SMETHURST

@psilon®

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>



"Astrofiziğin önemli bir kısmı
bu küçük kitaba sığdırılmış...
Kitabı bitirdiğinizde artık ka-
ranlık maddeyi karadelikler-
den ayırabilabileceğinizi ga-
ranti edebilirim."

Jim Al-Khalili



Dr. Becky Smethurst, Oxford Üniversitesi'nde astrofizikçi ve araştırmacıdır. Halihazırda süpernova araştırmalarıyla ilgili araştırmalarında şu soruyu yanıtlamaya çalışır: Galaksiler ve karadelikler birlikte nasıl evrimleşiyor? Çözülmemiş gizemleri uzayda bulunan tuhaf nesneleri ve haftada bir genel uzay haberlerini paylaştığı *Dr. Becky* adlı YouTube kanalı, 30.000'den fazla aboneye sahip ve bu sayı gün geçtikçe artıyor. Ayrıca *Sixty Symbols* adlı YouTube kanalı için fizik ve *Deep Sky Videos* için de astronomi videoları hazırlıyor. Institute of Physics Early Career Physics Communicator ödülü için kısa aday listesine alınmıştır ve 2014 FAMELab yarışması'nın İngiltere Ulusal Finali'nin İzleyici Kazananı seçilmiştir.

Uzay Hakkında Bilmeniz Gereken 10 Şey
Zamanı olmayanlar için bir çırpıda 14 milyar yıl
Orijinal Adı: *Space: 10 Things You Should Know*
14 billion years for people short on time
Dr. Becky Smethurst

Çeviri: İrem Genç
Yayın Yönetmeni: Aslı Tunç
Editör: Tuna Sena Kara
Kapak ve Sayfa Tasarım: Çağla Yön

1. Baskı: Nisan 2021
ISBN: 978-605-173-901-4

© Dr. Becky Smethurst, 2021
Bu eser, yayıncının izni olmadan çoğaltılamaz.
© Epsilon Yayınevi Ticaret ve Sanayi A.Ş.

Baskı ve Cilt: *
Yıldız Mücellit Matbaacılık ve Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş.
Maltepe Mah., Gümüşsuyu Cad.,
Dalgıç Çarşısı, No: 3/4
Zeytinburnu/İstanbul
Tel: (212) 613 17 33 Faks: (212) 501 31 17
Sertifika No: 46025

Yayımlayan:
Epsilon Yayınevi Ticaret ve Sanayi A.Ş.
Osmanlı Sok., No: 18/4-5 Taksim/İstanbul
Tel: (212) 252 38 21 Faks: (212) 252 63 98
İnternet Adresi: www.epsilonyayinevi.com
E-posta: epsilon@epsilonyayinevi.com
Sertifika No: 49067



Uzay

Hakkında Bilmeniz
Gerekten 10 Şey

*Zamanı olmayanlar için
bir çırpıda 14 milyar yıl*

DR. BECKY SMETHURST

Çeviri:
İrem Genç

 **epsilon**

İçerik

Önsöz	9
1. Yerçekimi Neden Önemlidir	13
2. Başlangıçta Hiçbir Şey Yoktu	21
3. Karadeliklerin Kısa Tarihi	29
4. Onu Görmemeniz Var Olmadığı Anlamına Gelmez	39
5. Ne Kadar Uzağa Gidebiliriz	49
6. Dünya 2.0'ın Peşinde	61
7. Gece Gökyüzü Neden Karanlıktır	71
8. Uzaylıların Var Olması Muhtemel	79
9. “Tavuk mu Yumurtadan, Yumurta mı Tavuktan” Sorusu	89
10. Bildiğimizden Fazlasını Bilmiyoruz	99
Teşekkür	109

Her kimsen,
yalnızca bu kitabı almakla kalmayıp aynı zamanda
kapağını açıp okuyacak kadar meraklı
olduğın için bu ithaf sana.

Ve tabii ki, bana muhasebeci olmamam gerektiğini
hatırlatan babama.

Önsöz

Bilimin acayip olan yanı, kimsenin doğru cevabı bilmemesidir. Ancak çocukken bilim bize böyle öğretilmiyor. Sınıf ortamında teoriler her zaman böyle anlaşılacagelmış, katı gerçekler olarak bize sunuluyor. Neyse ki, gerçek bundan çok daha yaratıcı: Bilim adamı olmak, son parçası eksik olan, sürekli değişen bir yapbozun parçalarını yerleştirmek gibidir. On yıllar, hatta yüzyıllar boyunca pek çok insanın alın teri bir araya gelerek, yavaş yavaş günümüzdeki en gelişmiş bilim anlayışına dair bir tablo oluşturur. Bazı bilim dallarında hâlâ tuhaf parçalar eksik, bazıları ise içinde devasa boşluklar barındırıyor ve şu anda bu parçaların neye benzediğine göz atmak için bile gerekli araçlara, matematiğe veya verilere sahip değiliz.

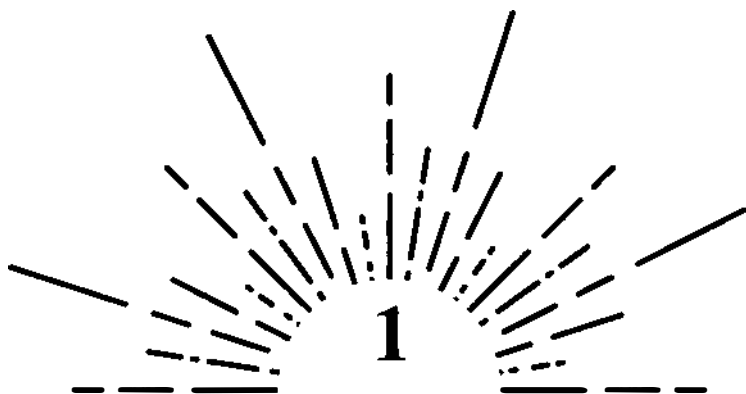
Bilim, henüz kimsenin cevaplarını bilmediği soruları ortaya koymaktan ibarettir. İnsanları –sizin, meslektaşlarınızın ve atalarınızın daha önce açıklanamayan bir teori oluşturmak için topladıkları kanıtlara ve gerçeklere dayanarak– “doğru” bir yanıtın olduğuna

ikna etmek, can alıcı noktadır. Bu, bilimin hızla ilerlediği, teorilerin olgunlaştığı ve hatta daha fazla kanıt gün ışığına çıktıkça bazen geri teptiği anlamına gelir.

Bu nedenle, bu kitapta ana hatları çizilen teori ve gerçeklerin uzay hakkında bilmeniz gereken on şey olduğunu söyleyerek sizi yanıltmış olabilirim. Günümüzde hepsi birer başarı olarak görülüyor fakat 50 yıl sonra nasıl algılanacaklarını kim bilebilir ki? Belki de şu anki karanlık madde teorimiz gelecek nesiller için alay konusu olacak, tıpkı aydın kişilerin bir zamanlar Dünya'nın evrenin merkezinde olduğuna veya atomun bölünemeyeceğine dair inançlarına, günümüzde itibar edilmediği gibi. Yine de bu, bu bilgileri ve dünyanın önümüze serdiği harikaları değersiz görmemiz gerektiği anlamına gelmez.

Bu kitaptaki bölümler, ya uzayın derinliklerine yeni bir bakış açısıyla bakmak isteyenler ya da sırları hakkında önceden bilgisi olmayanlar için, uzaydaki tuhaf ve muazzam nesneleri tanımlamada en başarılı teorilerden bazılarının evriminin temellerini kapsıyor. Bu kitap sizi evrende bir gezintiye çıkaracak: Büyük Patlama ve her şeyin başlangıcına, karanlık maddenin belirsizliğine, gezegenimizin ötesinde yaşamın var olup olmadığına dair derin bir değerlendirmeye. Konu karadeliklere geldiğinde fazla oyalanırsak, bunun nedeni: Karadeliklerin kalbimde ayrı bir yere sahip olmasıdır. Oxford'ta, astrofizik bölümündeki masamda otururken çözmeye çalıştığım, kişisel bilimsel yapbozum; bu gizemli şeylerin, içinde bulundukları galaksileri nasıl etkilediğini anlamaya yardımcı oluyor.

Yanıtını hâlâ bilmediğimiz bir soruyla bitiriyoruz: soruların en büyüğü olan, doğru veya tam bir yanıt bulduğumuzdan asla emin olamayacağımız bir şeyle. Ancak bir gökbilimci olarak bu, evrenin ve evrendeki yerimizin daha bütün bir resmini ortaya çıkarmak için bilgimizin sınırlarını adım adım zorlayan en heyecan verici arayıştır. Umuyorum ki, bu kitap henüz tamamlanmamış olan bu başyapıt hakkında fikir sahibi olmanızı sağlar.



Yerçekimi Neden Önemlidir?

Güneş, galaksimiz olan Samanyolu'ndaki yüz milyardan fazla yıldız arasından sadece bir tanesidir. Bir milyon trilyon kilometreden fazla genişlikte bir gaz, toz ve yıldız adasıdır. Samanyolu yıldız sisteminin merkezinde, Güneş'ten dört milyon kat daha büyük bir karadelik vardır. Bu, süper kütleli karadelik dediğimiz şeydir ve güneş sistemimizdeki Güneş gibi, tüm galaksimizin yerçekimini kontrol eden güçtür.

Isaac Newton, yerçekimini yöneten yasayı birkaç yüzyıl önce keşfetti: İki nesne, her biri kendi ağırlığıyla orantılı olarak birbirini çekecektir. Daha ağır olan nesne, küçük olana daha fazla kuvvet uygulayacaktır. Kuvvet ayrıca, iki nesnenin birbirinden ne kadar uzakta olduğuna da bağlıdır, yani mesafelerini ikiye katlarsanız kuvvet dörtte bir oranında düşer. Bu yasalar yardımıyla, siz ve ayaklarınızın altındaki Dünya da dahil olmak üzere, evrendeki herhangi iki nesne arasındaki yerçekiminin etkisini hesaplayabiliriz*.

Yerçekimi yasası kaostan düzen meydana getirir; ne de olsa güneş sistemimizi oluşturan şey budur. Güneş oluşmadan önce, önceki nesil yıldızlardan kalan oksijen, karbon ve demir gibi daha ağır elementlerin

* Merak ediyorsanız, Dünya'da vücudunuzu aşağıya çeken yerçekimi dolayısıyla yaklaşık 500-1.000 Newton (ağırlığınıza bağlı olarak) sabit bir kuvvet hissedersiniz. Bağlam olarak, bir insan ısırığının ortalama kuvveti yaklaşık 700 Newton'dur; büyük beyaz köpekbalığı ısırığının ise 18.000 Newton'luk bir kuvveti vardır!

serpiştirildiği dev bir hidrojen ve helyum gazı bulutu vardı. Bu bulut, tüm elementlerin atomlarını içeren, dönen bir karmaşaydı. Her atom belirli bir kütleyle sahip küçük bir parçacık olduğundan, tüm atomlar o dağınık gaz bulutundaki diğer parçacıklara doğru, yerçekimi etkisiyle çekildiler. Bu parçacıklar daha sonra –en büyük kümelerin diğer kümeleri çekmesiyle– yerçekimi altında kümelenmeye başladılar, ta ki yerçekimi, etrafta dolaşan tüm parçacıkların enerjisinin üstesinden gelip onları etkili bir şekilde soğutmak için bir araya getirene kadar. Bir sonraki adım, gaz bulutunun, basıncın nükleer füzyonu ateşleyecek kadar yükseldiği ve yıldızımızın doğduğu inanılmaz yüksek bir yoğunluğa ulaşarak çökmesiydi.

Nükleer füzyon, Güneş gibi yıldızların dört hidrojen atomunu helyumdan oluşan bir atoma dönüştürdüğü zaman meydana gelir ve bu nedenle gece gökyüzündeki tüm yıldızlar parlar. Yani, bir zamanlar dönmekte olan atomlarla dolu, savrulan bir gaz bulutu, yerçekimi nedeniyle yanan bir ilkel yıldız hâline geldi.

Şimdi, durmaksızın dönen bu gaz bulutu da geçmişin kalıntılarını barındırıyor olacak. Açısal momentum dediğimiz, dönme enerjisinin kalıntılarının bir kısmını önceki nesil yıldızlardan, hatta belki de evrenin yaratılmasından sonra oluşan ilk yıldızlardan miras almış olacaktır. Bu, genel olarak, gaz bulutunun tercihen belirli bir yönde döndüğü anlamına gelir, böylece parçacıklar yerçekimi altında kümelenmeye başladıkça, üstlendikleri görev aynıydı: Proto-Güneş dönmeye başladı. İlkel Güneş’in etrafındaki gaz bu-

lutunun geri kalanına olan şey, bir pizza hamurunu başınızın üzerinde döndürdüğünüzde olanla aynıdır: Durmadan dönen uçan bir daireye veya bir diske dö-nüştü. Diskin içinde, parçacıklar arasındaki yerçekimi devam etti, böylece daha fazla küme Güneş'in etrafındaki proto-gezegenleri oluşturdu ve bize, tüm geze-genlerin (kuyruklu yıldızlar, asteroitler ve diğer artık kaya parçaları da dahil) Güneş'in etrafında aynı yön-de döndüğü, mükemmel şekilde düzenlenmiş bir sis-tem verdi. Sadece Güneş'in değil, diğer tüm yıldızların bu süreçle oluştuğunu düşünüyoruz.

Aynı olay, kendi Dünya-Ay sistemimizde de geçer-lidir. Dünya, yörüngesiyle aynı yönde dönüyor çünkü onu oluşturmak için bir araya toplanan minik parça-cıklar, bu açısal momentum ipucunu önceki nesil yıl-dızlardan miras almıştı. Benzer şekilde Ay, Dünya'nın döndüğü yönde Dünya'nın etrafında döner.

Ancak benzerliklerin bittiği yer burasıdır çünkü Ay'ın geri kalan özelliklerinin tuhaf olduğu bilinen bir gerçektir. Ay'da 1 gün, 1 yıl kadar uzundur. Bu, ken-di eksenini etrafında dönme süresinin, yani Ay'daki 1 günün, Dünya'nın yörüngesinde dönmesi için gereken süreyle aynı olduğu anlamına gelir ki bu da Dünya'da 28 güne tekabül eder. Dünya bu örneği takip etseydi, Güneş'in etrafında bir yörüngede döndüğünden, geze-genin yarısı her zaman gün ışığında ve yarısı da tüm yıl boyunca karanlıkta kalacaktı. Dünya, bir tarafını her zaman Güneş'ten uzak tutmak için aynı hızda döne-cekti. Bu yüzden, Ay'ın sadece bir tarafını görüyoruz asla uzak tarafını görmüyoruz çünkü bu taraf hiç bize

doğru bakmıyor. Bu, uzak tarafın karanlık taraf olduğu anlamına gelmez çünkü Dünya değil, Güneş Ay'ı aydınlatır. Ay'ın evrelerini görmemizin nedeni budur: Ay, gökyüzünde Güneş'in karşı tarafında olduğunda bir dolunay görürüz, yani Güneş, Ay'ın bize doğru bakan tarafını tamamen aydınlatır. Ay bizimle Güneş arasında olduğunda, bu defa Güneş bizden uzak olan tarafı aydınlatır ve bir yeniay görürüz. Ay'ın her bir yörüngesinde Güneş ile Dünya arasından geçtiğini göz önünde bulundurarak, her yirmi sekiz günde bir tam güneş tutulması yaşamamamızın nedenini merak ediyorsanız; bunun nedeni Ay'ın Güneş'in etrafında çizdiği yörüngenin, Dünya gibi aynı düzlemde olmamasıdır. Yaklaşık 5 derecelik bir açıda, hafifçe eğiktir. Yani bazen yeniay evresinde, gökyüzünde Güneş'in hemen altından, bazen de Güneş'in hemen üzerinden geçer.

Dünya-Ay sisteminin tüm bu özellikleri tesadüf gibi görünebilir, ancak Ay'ımızın nasıl oluştuğuna dair bir şeyleri açığa çıkarmaya yardımcı olurlar. Ay'ın, Dünya'nın Güneş etrafında şekillenmesine benzer koşullarda, yani Dünya'yı oluşturmada rol oynamayan artık parçalardan oluşmasını bekleyebilirsiniz. Ancak Ay'ın nasıl oluştuğuna dair en iyi teorimiz, bundan çok daha çarpıcıdır. Buna Dev Etki Hipotezi (Büyük Sıçrama) denir ve bu teori, Güneş'in yörüngesindeki başka bir proto-gezegenin, güneş sisteminin ilk günlerinde proto-Dünya ile çarpıştığını iddia eder. Bu etki çarpışan gezegeni ve Dünya'nın yaklaşık yarısını sıvılaştırdı çünkü çarpışmadaki enerji çok büyüktü. Bu sıvılaştırılmış gezegen kayalarının tümü, Dünya toparlanırken

ve dönmeye devam ederken uzaya fırlatıldı. Ancak yine, sıvılaştırılmış kaya, Dünya'nın çekim gücünden kaçamadı ve böylece daha sonra Ay'ı oluşturmak için bir araya gelip kümelenen, dönen bir diskin içine doğru çekildi.

Bu teori, Dünya'nın etrafında döndüğü eksenin neden dengesiz olduğunu açıklıyor. Dünya, bu çarpışmada yanlmasına bir darbe aldığından dolayı, tıpkı size sevgiyle kafa sallayan bir köpek gibi, yaklaşık 23 derecelik bir eğimle, hafifçe yana doğru döner. Bunun anlamı, Dünya Güneş'in etrafında bir tur attığı zaman içinde, yani bir yıl içerisinde Güney Yarımküre yazı yaşarken güney kutbunun, sonraki altı ayda ise kuzey kutbunun Güneş'e dönük olduğudur. Dünya'daki mevsimler böyle oluşur. Dünya'nın eğimi nedeniyle yarımküremiz Güneş'e doğru baktığında daha sıcaktır.

Tek bir basit fizik yasasıyla bu kadar karmaşadan, böylesine dingin bir düzen yaratabilmek inanılmaz. Elmaları ağaçlardan düşüren, ayaklarımızın yere basmasını sağlayan ve mevsimlerin değişmesine neden olan aynı yasa, galaksideki ve güneş sistemindeki her şeyi etkiler. Üstelik bunu sadece kendi yıldız dünyamızda görmüyoruz. Samanyolu'nun dışında, evrende baktığımız her yönde, her şekil ve büyüklükte bu yıldız adalarından daha fazlasını görüyoruz. Yerçekimi, hepsini devasa karman çorman hidrojen gazı parçacıklarından oluşan bir buluttan, kusursuz spiral yapıları sahip, düzenli sistemlere dönüştürdü.

Yerçekimi bu güzel yıldız adalarını yarattığı gibi on-

ları yok edebilir de. Çoğu galaksi tek başına bulunmaz, yerçekimine bağlı gruplar hâlinde kümelenir. Samanyolu, Andromeda ile birlikte Yerel Gökadalar Grubu'nun bir parçasıdır. Bunlar, gruptaki en büyük iki galaksidir ve bu nedenle ikisi de yerçekimiyle birbirlerine çekilir. Bir gün, muhtemelen önümüzdeki dört milyar yıl içinde Samanyolu ve Andromeda birbirleriyle çarpışacak ve ikisi arasındaki yerçekimi kuvvetleri, tüm yıldızların yörüngelerini bozarak ikisini de parçalara ayıracak, ta ki her şey artık bir galaksinin, Milkomeda'nın oluşturduğu dev bir su damlasına dönüşüp yeniden düzene oturana kadar.

Bu, bir sistemin entropisinin zamanla asla azalmayacağını belirten, termodinamiğin ikinci yasası olan başka bir fizik yasasının bir örneğidir. Entropi, bir sistemin ne kadar düzensiz olduğunun bir ölçüsüdür; bir sistemdeki parçacıkların ne kadar rasgele hareket ettiğine bakar. Yani bir bütün olarak evren, zaman acımasızca geçerken daha rastlantısal hâle gelmeye mahkûmdur. Dört veya beş milyar yıl içinde güneşimizin yakıtı bitecek, güneş sistemini yutacak ve içindeki her şeyi bir kaotik gaz bulutuna daha indirgeyecek. Samanyolu galaksimizdeki yıldızlar nihayetinde kendilerini, ileride Milkomeda olacak galaktik bölgenin merkezi etrafında kaotik, rasgele yörüngelerde bulacaklar. Evrendeki tüm maddelerin kaderi budur. Fizik yasaları belli bir düzen oluştursa bile, bu düzen kaçınılmaz bir şekilde bir kez daha kaosa dönecektir.



Başlangıçta Hiçbir Şey Yoktu

İnsan beyni “hiçliğin” ne olduğunu tam anlamıyla kavrayamaz. Sadece hiçliği düşünmekle bile, onu bir şeye dönüştürürüz. Bu yüzden Büyük Patlama “öncesinde” hiçbir şey yoktu dediğimizde, beynimizin bunun ne demek olduğunu anlaması zordur. Bahsedilen “öncesi” konsepti de zamanın kendisi de bu konsept içinde yaratıldığından, Büyük Patlama olmadan var olmaz. Büyük Patlama’dan “önce” uzay bile yoktu, bu yüzden “hiçliğin” bulunabileceği “hiçbir yer” yoktu. Evrendeki tüm enerji ve maddeler, Büyük Patlama’da oluşmuştu ve bizler insan olarak, her birimiz bu enerji bütçesinin son derece küçük bir parçasıyız. Enerji, termodinamiğin ilk yasasına göre üretilemez ya da yok edilemez, yani biz gerçekten sadece Büyük Patlama’nın bize verdiği şeyin üzerine çalışıyoruz. Galaktik dünyada ihtiyacımız olduğunda bahçeye çıkıp meyvesini toplayabileceğimiz, efsanevi bir enerji ağacı yoktur.

Büyük Patlama olayının bizim bildiğimiz hâli, belki de astronomi tarihinde benim en sevdiklerimden biri. Bir gecede, bilinen tüm evrenin bir köşesi yaklaşık yüz bin ışık yılı mesafedeki en uzak yıldız olmaktan, milyarlarca yıldızdan oluşan, trilyonlarca ışık yılı uzaklıktaki tüm diğer adaları içeren bir şeye evrildi. Tüm insanlığın dünya görüşünün tamamen değiştiği o zamanlarda yaşamayı o kadar çok isterdim ki... Tıpkı

beş yüz yıl önce Avrupalı kâşifler dümenlerinin başındayken Amerika kıyıları ufukta belirdiğinde, bunca zaman Dünya hakkında doğru kabul ettikleri her şeyin altüst olması gibi, hem de hayal edebileceğiniz en büyük ölçekte. Beynimizin şimdi bile anlamakta zorlandığı bir ölçek.

Ancak kafamızda oturtmamız gereken bariz şey, Büyük Patlama'nın ne bir patlama ne de büyük olduğudur. Bu isim, 1930'larda yeni yeni ortaya çıkan, genişleyen bir evren hipotezine leke sürme amaçlı üretilmiş ve o zamandan bu yana gökbilimcilerin belası hâline gelmiştir.

Çığır açan buluş, 1929'da* Edwin Hubble adlı bir adam tarafından (on yılın başlarında Shapley, Curtis ve Öpik tarafından yapılan çalışmalara dayandırılarak) yapıldı. Bu, muhtemelen hayatının ilk yıllarında çoğunlukla spora odaklandıktan ve ardından hukuk eğitimi aldıktan sonra yapmayı beklediği bir şey değildi. Ancak ilgisini astronomi tutkusuna yönelttikten sonra, Kaliforniya'da bir gözlemevinde işe girdi ve o zamanlar "spiral nebula" olarak bilinen şeyi ilk kez burada gözlemledi. Nebula dediğimiz şey, o zamanlar kabaca gökyüzünde yıldız olmayan her şeydi. Bunlar, kendi galaksimizdeki yıldız oluşum bölgelerinden süpernovaya** giden yıldızların kalıntılarına ve o zaman-

* Lemaître, bunu iki yıl önce bir Fransız dergisinde teorik olarak tahmin etmişti, ancak bu fikir yirminci yüzyılın büyük bir kısmı boyunca arka planda kaldı. Günümüzde Lemaître'nin çalışmalarının daha geniş kitlelerce tanınmasını amaçlayan büyük bir akım var.

** Bu, bir yıldızın yakıtının (hidrojen gazı) bitip yerçekimi altında, içe doğru çökmeye başladığı zamandır. Dıştaki gaz katmanları dışa doğru büyük bir patlamayla yıldızın çekirdeğinden geri seker.

lar bilinmeyen milyarlarca yıldız galaksisine kadar her şeyi kapsayan bulanık, tozlu şeylerdi. Hubble parlaklığını değiştirip yanıp sönen yıldızlara bakarak bu “spiral nebula”lara olan uzaklığı çözmeye çalışıyordu. Bu yıldızlara Sefe Değişeni denir ve bu yıldızlar yirminci yüzyılın başlarında Henrietta Leavitt tarafından Samanyolu’nda derinlemesine incelenmiştir*. Leavitt, yıldızların ne sıklıkla titreştiğinin, ne kadar parlak olduklarıyla ilişkili olduğunu keşfetti, günümüzde buna Leavitt Yasası diyoruz. Bir yıldız ne kadar hızlı titreşirse, o kadar parlak olur.

Hubble, “spiral nebula”da bu titreşen yıldızları fark ettiğinde, ne kadar parlak olduklarını bilmek için ne kadar hızlı titreştiklerini anlamalıydı ve böylelikle yıldızın uzaklığını, parlaklık seviyesine göre anlayabilecekti. Bu, gece karşidan karşıya geçerken yaptığınız şeyle aynıdır; araba farlarının parlaklığından arabanın ne kadar uzakta olduğunu tahmin edebilirsiniz. Hubble, bundan yola çıkarak “spiral nebula”daki Sefe Değişeni’nin şimdiye kadar düşünülenenden çok daha uzakta olduğu kanısına vardı, bu da spiral nebuların boyutlarının Samanyolu’na eşdeğer olduğu anlamına geliyordu. Hubble’ın asıl gözlemlediği şey galaksilerdi. Daha önce astronomide bu kadar büyük etki yaratan başka bir bulgu olmamıştı. Hubble, tek bir hamlede sayısız araştırma alanının yolunu açtı ve evrendeki yerimize karşı bakış açımızı değiştirdi.

* Ne yazık ki Leavitt, Hubble’ın onun çalışmalarına dayanarak evrenin genişlediğini kanıtlamasını ya da çalışmasının ona getirdiği ünü görecektir kadar yaşamadı. Bugün, evrende ölçülen tüm mesafeler esasen Sefe Değişeni yıldızlarından ölçülen mesafelere göre kalibre ediliyor. Evrenin ölçeği (ayarı) kelimenin tam anlamıyla Leavitt’in omuzlarında yükseliyor.

Ancak Hubble bununla da yetinmedi. Galaksilerin spektrumu denilen şeyi de ele aldı. Işığın bir prizmanın içinden geçirilip dağılması bu olay esnasında gerçekleşir ve elde edilen renk cümbüşünde farklı elementlerin bıraktığı izleri aradığınız yer burasıdır. Eğer aklınıza Pink Floyd'un *The Dark Side of the Moon* albüm kapağı geliyorsa, doğru yoldasınız demektir. Farklı elementler tarafından bırakılan bu izlerin, ne olursa olsun her zaman aynı ışık renginde (yani dalga boyunda) olmaları yönüyle, kuantum fiziğinde bir nevi parmak izi olduğu söylenebilir. Hubble'ın fark ettiği şey, bu biyolojik imzaların hepsinin dalga boylarının daha kırmızı renklere dönüştürülmüş olmasıydı, bu da Dünya'dan uzaklaştıkları anlamına geliyordu. Sadece bu da değil, galaksi Dünya'dan uzaklaştıkça bizden de bir o kadar hızlı uzaklaşıyordu. Eğer her şey bizden uzaklaşıyorsa, o zaman belli bir noktada her şeyin bize daha yakın olduğu düşüncesi hiç de tuhaf değildi. Zamanı belli bir ölçüde geri sararsanız, evrendeki tüm madde ve enerjinin tek bir noktada yoğunlaştığını görürsünüz. İşte Büyük Patlama fikri tam da böyle ortaya çıktı.

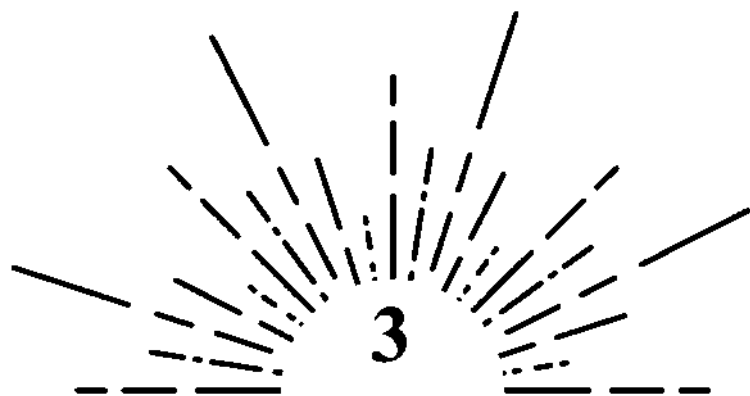
Genişleyen bir evren fikri çoğu insan için kafa karıştırıcı. Birincisi, biz dünyalılarda çarpıtılmış bir kibre sebep oluyor. Evrendeki her şey “bizden” uzaklaşıyor. Bu yüzden çok önemli bir yere sahip olmamız gerekir, öyle değil mi? Yani tam olarak öyle değil. Bu bir perspektif meselesi. Çocukken oynadığımız ip oyununu düşünün, bu oyunda bir lastiği her iki elinize dolarsınız ve ardından arkadaşlarınızı şaşırtmak için iple yapabileceğiniz tüm hünerleri göstermek üzere ip-

leri çekerek ayırırsınız. Ellerinize bakarsanız, ellerinizi birbirinden uzaklaştırdığınızda lastiğin iki ucunun da dışadönük hareket ettiğini görürsünüz. Şimdi de sol elinizde oturan minik bir gözlemcinin gözünden nasıl görüneceğini düşünün. Sağ elin kendisinden uzaklaştığını görebilir fakat kendisinin de hareket ettiğini hissedemez, tıpkı bizim ayaklarımızın altındaki Dünya'nın, Güneş'in etrafında veya kendi ekseninde döndüğünü hissedemediğimiz gibi. Aynı şekilde, sağ elinizin üzerindeki minik gözlemci, yalnızca sol elin ondan uzaklaştığını görebilir.

Bu benzerlik, oyun süresince herhangi yeni bir şey yaratmadığınızı göz önüne aldığınızda da aynı derecede işe yarar. Başladığınızla aynı sayıda lastiğiniz var, yalnızca lastiğin kendisi biraz esnedi. Aynı şekilde, hareket eden galaksiler değil, uzay genişliyor fakat –can alıcı kısma gelirsek– bunu yaparken daha fazla alan yaratmıyoruz. Yalnızca Büyük Patlama'nın 13.8 milyar yıl önce oluşturduğu alanla çalışıyoruz.

Ama gelin geçmişe takılı kalmayalım; gelecekte neler olacağını düşünmek çok daha heyecan verici. Ne yazık ki, bizi Hollywoodvari bir son beklemiyor olsa da. İlk seçenek, galaksiler ve yıldızlar arasında, evrenin enginliği içinde izole olduğumuz büyük mesafeler olana kadar, hızlanarak genişlemeye devam etmektir. İkincisi, yaşama elverişli koşullara sahip gezegenin daha makbul olması. Bu versiyonda, evren elverişli bir ortama ulaşana kadar genişleme yavaşlar. Durmadan içe doğru çeken yerçekimi kuvvetleri ile genişlemeden kaynaklanan dışa doğru, önlenemeyen çekme gücü

arasında bir denge. Üçüncü seçenek ise yelpazenin Shakespeare trajedisi ucunda: Yerçekimi nihayetinde uzayın genişlemesine karşı savaşı kazanır ve evren, şimdiye kadar var olan tüm enerjinin “Büyük Sıkışma”ya geri döndüğü o küçük noktaya ulaşana kadar içe doğru daralmaya başlar. Belki de evren bunu ezel-den beri yapıyor, Büyük Patlamalar ve Büyük Sıkışmalar arasında daireler çizerek, süpernovada üretilen tuhaf, atık karbon ürünüyle bitmek bilmeyen bu döngü üzerine, düşünebilecek zekâyâ sahip yaşam biçimleri üretiyor.



Karadeliklerin Kısa Tarihi

Karadelik o kadar yoğun bir maddedir ki ışığı geçirmez. Bu, karadeliğin yerçekimsel gücünden kaçmak için ihtiyacınız olan hızın, ışık hızından daha fazla olduğu anlamına gelir. Bunu anlayabilmek için yerçekimini Newton'un düşündüğünden biraz daha farklı görmemiz gerekir. Einstein'ın Görelilik Teorisi bunda oldukça başarılıdır. Einstein der ki, evrende bulunan her cisim çevresindeki uzay zamanını bükür*. Bunu bir futbol topunu trambolinin ortasına koyduğunuzu hayal ederek iki boyutlu düşünebilirsiniz. Ortadaki futbol topu tramboline ağırlık yapar ve onun çökmesine sebep olur, bu yüzden trambolin artık düz değildir. Şimdi trambolinin yüzeyinde pinpon topu gibi bir şey yuvarlamak isterseniz, top düz bir çizgide ilerlemeyecektir, futbol topunun varlığından dolayı, ilerledikçe gittiği yol kavisli olacaktır. İşte Einstein da yerçekimini tam olarak böyle açıkladı, tek fark evrendeki futbol toplarının yıldızlar, trambolinin uzayın kendisi, pinpon toplarının ise kıvrımdan dolayı yıldızlarının etrafında durmaksızın daireler çizen gezegenler olmasıdır.

Uzayı böylesine, en azından iki boyutta, bükten bir karadelik hayal ederseniz, kendinizi uzayın tamamen

* Uzay-zaman, bir fizikçinin sözlüğünde çok kullanılan bir kelimedir. Uzayın üç boyutunu (sol ve sağ, ileri ve geri, yukarı ve aşağı) ve bir zaman boyutunu birbirine bağlar. Einstein uzay ve zamanı birbirine bağlamıştır çünkü o da uzayda ne kadar hızlı hareket edersek, zamanın da bir o kadar yavaşladığını fark etmiştir. Bu, onun Genel Görelilik'ten ziyade Özel Görelilik teorisidir.

dikey olacak şekilde büküldüğü bir noktada bulursunuz: karadelğin olay ufku. Herhangi bir cisim, bu bir uzay gemisi, pinpon topu veya bir ışıncık olabilir, tramboline benzettiğimiz evrende geri dönülemez noktayı geçtikten sonra bir daha asla geri gelemez.

Genel görelilikte, uzayın bu maksimum oranda bükülmesi olayı için kullanılan terim tekilliktir. Bu olayda, son derece küçük bir alanda devasa bir kütle söz konusudur. Uzayı bu kadar bükten bu sonsuz tekillikler fikri, yirminci yüzyılın başlarında bilim adamlarını çileden çıkardı çünkü karmakarışık bir matematikti. Bu, veriyi 0'a bölmeniz gerektiği anlamına gelir ve bu da limit bulunmuyor demektir.* En sonunda 1960'larda Stephen Hawking ve Roger Penrose imdadımıza yetiştiler ve biz matematiğini anlamakta sorun yaşasak da bu tekilliklerin, bilinen fizik yasaları göz önüne alındığında, aslında beklendiğini söylediler.

Fakat bu noktada, karadelikler hâlâ teorik cisimler olarak kabul ediliyordu. Bu, Jocelyn Bell Burnell 1960'ların sonlarında (radyo dalgaları yayıp hızla dönen pulsar adlı nötron yıldızları biçimindeki) nötron yıldızlarını keşfedene kadar böyleydi. Gökbilimciler bundan önce, (elektronlar arasındaki itici güçler tarafından tutulan) beyaz cüce yıldızının, (nötronlar arasındaki itici güçler tarafından tutulan) tamamen teorik bir nötron yıldızının içine çökmesinin ötesinde fiziksel bir kütle sınırı olduğunu biliyorlardı.

Nötron yıldızlarının keşfine kadar kimse bunu bir olasılık olarak görmemişti. Peki ya nötron yıldızları

* Bu, 2004 yapımı *Kötü Kızlar* filminde Lindsay Lohan'ın oynadığı karakterin Mathletes yarışmasının sonundaki soruya doğru verdiği cevaptır.

gerçek cisimler olsaydı ve onlar da fiziksel kütle sınırlarına ulaşp daha da çöktüklerinde ne olurdu? Tek mantıklı sonuç bir karadelikti.

Öyleyse karadelikler kesinlikle vardır ama asıl soru neyden oluştuıkları. Hemen sadede gelirsek, biz de bunu gerçekten hâlâ bilmiyoruz. Bir nötron yıldızı, kristal benzeri bir yapıya sığabilecek kadar yoğun bir şekilde sıkıştırılmış nötronlardan oluşur, peki onları ezilmekten alıkoyan kuvvetler aşıldığında ne olur? Verilebilecek en basit cevap, henüz tam olarak ne olduğunu bilmesek de maddenin olabileceği en yoğun hâlidir.

Eğer onları oluştuıkları andan sonra ışıkla göremiyorsak, orada olduklarını nasıl biliyoruz? Rüzgâr gibi, onu da bizzat göremesek de etkisini diğer şeyler üzerinde görebiliriz. Bazen karadeliklerin evrendeki diğer cisimler üzerindeki çekimsel etkisini gözlemleyebiliriz. Arka plandaki galaksilerin ışığının kendi galaksimizdeki yıldız kütleli karadeliklerin etrafında, onların arasından geçerek büküldüğünü gördük. Işığın Einstein'ın bükülmüş uzay-zamanında ilerleme şeklinden dolayı, bu durum galaksi ışığını farklı bir şekle sokarak bükür. Uzayı bükten cismi “göremeyiz” ancak yine de orada olduğunu söyleyebiliriz.

Karadelikleri “görmenin” diğer bir yolu ise; iki karadelik birleştiğinde uzaya gönderilen şok dalgalarını gözlemektir. Karadelikler uzay-zamanı böylesine bük-tüğü için, eğer birbirine doğru gelen ve birbiri etrafında dönmeye başlayan iki karadelik görürseniz, onların etrafındaki uzay ona neyin çarptığını anlayamaz. İki

karadelik yörüngede dönerken uzayın ne kadarının büküleceği her bir yörüngede değişir ve uzayın kendisi aracılığıyla kütleçekimsel dalgalar diye adlandırdığımız küçük dalgacıklar gönderir.

İki karadelik nihayetinde birleştiğinde uzay tekrar durulana kadar büyük bir kütleçekimsel dalga patlaması gerçekleşir. Bu küçük dalgacıklar, geçtikleri yerde çok küçük dokunuşlarla uzayı sıkıştırır ve esnetir. Biz bu sıkışma ve esnemeleri LIGO (ABD’de) ve VIRGO (İtalya’da) adında fazlasıyla hassas iki detektör kullanılarak tespit ederiz. Bu detektörlerin ikisi de yeralında birbirinden kilometrelerce uzaklıkta olan, ikişer aynadan yapılmıştır. Bir lazer ışını, aralarındaki uzaklığı inanılmaz bir hassasiyetle ölçmek için bu iki ayna arasında gidip gelir. Böylece iki ayna arasındaki uzay, oradan geçen kütleçekimsel dalga tarafından sıkıştırılıp esnetileceği zaman bunu anlayabiliriz. Gezegenin zıt taraflarındaki her iki detektör de bu küçük dalgacıkları aynı anda tespit ederse, tespit ettiğimiz şeyin uzaydan gelen bir yerçekimi dalgası olduğundan emin olabiliriz.

Karadeliklerin kalbimdeki yeri gerçekten başkadır. Ancak sıradan olanlarından bahsetmiyorum. Günlerimi, süper kütleli karadelik çeşitlerinin, merkezinde yaşadıkları galaksileri nasıl etkilediklerini anlamaya çalışarak geçiriyorum. Bu süper kütleli karadelikler, Güneş’ten yaklaşık bir milyon ila milyar kat daha büyük olma eğilimindedir. Bir yıldızın ömrünün sonunda süpernovaya dönüştüğü zaman oluşan yıldız kütleli (yıldızlarla aynı kütleyle sahip) karadeliklerden

ayrı, özel bir karadelik sınıfıdır. Biz insanların, Büyük Patlama enerji bütçesinin bu kadar küçük bir parçası olarak, evrenin en dinamik cisimlerinden bazılarını anlamayı ve incelemeyi umut edebiliyor olmamız bile beni şaşırtıyor.

Peki, galaksilerin merkezindeki bu süper kütleli karadelikleri nasıl buluruz? Elimizdeki en sağlam kanıtlardan biri, onlarca yıldır galaksimizin tam merkezindeki yıldızların hareketleri incelenerek elde edildi. Bu yıldızların, merkezin etrafında büyük hızlarda döndüklerini görebiliriz. Daha sonra bu yörüngeleri, etrafında döndükleri nesnenin ağırlığını hesaplamak için kullanabiliriz. Bu yöntemleri kullanarak, Samanyolu'nun merkezinde, Merkür'ün yörüngesine sığabilecek bir uzay bölgesinde, Güneş'in dört milyon katı kütleyle sahip olduğunu bulduk. Bu kadar küçük ve yine de bir o kadar ağır olan Samanyolu galaksimizin merkezinde olabilecek tek şey süper kütleli bir karadeliiktir.

İlginçtir ki, 1980'lerde galaksilerin merkezinde bir karadelik sürüsü mü yoksa tek bir süper kütleli karadelik mi olduğu konusunda birçok tartışma vardı. Bir karadelik sürüsü çok daha soğuk olabilirdi ancak galaksilerin merkezinde bir karadelik sürüsünün sabit olması için yeterli alan yoktur. Sürüyü hızla bozacak, çekim etkili manevra* yapan birkaçının dışarı fırlatılmasına neden olacak sonsuz çarpışmalar ve etkileşimler

* Yörüngesel mekanikte ve uzay mühendisliğinde, kütleçekimsel sapan veya çekim etkili manevra, yakıt, zaman ve gider açısından tasarruf yapmak için uzay araçlarının hız ve yönünün bir gezegenin veya başka bir astronomik aracın çekim etkisiyle değiştirilmesidir. (ç.n.)

olacaktır ve geri kalanı ise çarpışarak büyük bir nesne oluşturmak için merkezde bir araya gelir.

Evrendeki diğer galaksilerdeki süper kütleli karadeliklere dair elimizdeki kanıt, yakın geçmişe kadar, bu kadar doğrudan değildi. Sadece milyarlarca ışık yılı ötede-
deki galaksi merkezlerinin gözlemlerine dayanarak orada olduklarını çıkarabiliydik. Bunları gözlemlediğimizde, merkezden çok yüksek enerjili radyasyonun geldiğini görüyoruz; yalnızca bu enerjinin kaynağı inanılmaz derecede yüksek olduğunda ortaya çıkan çok sayıda X ışını, radyo dalgası ve yüksek enerjili radyasyon söz konusu. Bu tür bir radyasyonu, çok ağır, kompakt bir nesneye biriktirilen hidrojen gazı varsa elde edebilirsiniz – gazın sarmal hareketle içe doğru dönme hızının neden olduğu sürtünme o kadar büyüktür ki X ışınlarında ve radyo dalgalarında parlamasına neden olur.

Gökbilimciler, galaksi merkezlerinden gelen bu inanılmaz derecede yüksek enerjili X-ışını ve radyo emisyonunu onlarca yıl gözlemledikten sonra, bunu yapmak için yeterli enerjiye sahip olan tek nesnenin, süper kütleli karadelikler olduğu sonucuna vardılar. Bu, Nisan 2019’da Messier 87 galaksisinin tam merkezindeki, süper kütleli karadeliğin etrafında dönen parlayan maddenin ilk görüntüsünü ortaya çıkardıklarında, Event Horizon Telescope işbirliğiyle doğrulandı. En önemlisi, bu görüntü, karadeliğin olay ufkunda o malzemeden daha fazla ışık algılamadığımız noktayı gösterdi; bu da karadeliklerin var olduğuna ve tam anlamıyla Genel Göreliliğin öngördüğü şekilde davrandığına dair en güçlü kanıtı sağlamaya yardımcı oldu.

Sarmal şekilde dönen bu maddenin diskinden kaynaklanan emisyonun yanında, bir karadeliğin bu kadar büyük kütleyi hızla biriktirmeye çalışırken etrafında oluşan basıncın, bazen yapabileceği en az hareketli şey, gazı bu toplanma diskinden atıp, radyo dalgası yayan binlerce ışık yılı uzunluğundaki jetlere göndermesidir. İçinde bulunduğu galaksiyi etkileyebileceğini düşündüğümüz kadar doyumsuz hâle gelince, karadeliğin etrafındaki toplanma diskinden dışarı atılan, bu enerjidir. Galaksinin değişmeyi ve gelişmeyi sürdürmesi için yeni yıldızlar oluşturmaya devam etmesi gerekiyor. Bunun için, nükleer füzyonu ateşlemeye yetecek yoğunluğa nihayet ulaşana kadar, yerçekimi altında birlikte çökebi-len soğuk hidrojen gazına ihtiyacı vardır. Evrene dair elimizdeki en iyi teoriye göre, süper kütleli karadeliğin etrafındaki toplanma diskinden atılan enerji, devasa galaksilerin çok büyümesini engellemek için o soğuk hidrojen gazını ısıtmalı veya dışarı atmalıdır. Ancak, biz aslında bunu çeşitli galaksi örneğinde hiçbir zaman gözlemlemedik ki bu da her gün işimi yaparken cevabını aramaya devam ettiğim bir şey.

Tüm bunları Messier 87 için mantık çerçevesine oturtacak olursak, galaksinin kendisi yüz binlerce ışık yılı genişliğindedir ancak süper kütleli karadelik tarafından patlatılan dev radyo emisyonu jeti 10 milyon ışık yılından fazladır. Messier 87 bir kum tanesi büyüklüğünde olsaydı, merkezdeki süper kütleli karadelik bir atom büyüklüğünde olurdu ve ondan gelen jetler avcunuzun tamamına yayılırdı. Bu yakıştırma, aklıma hep William Blake'in bir dizesini getiriyor.

*Kum tanesinde görebilmek dünyayı,
ve cenneti vahşi bir çiçekte...
Sonsuzluğu avuçlarının içinde tutabilmek,
ve ebediyeti bir saatliğine*.*

Blake'in bu şiiri yazarken aklında Messier 87 olduğundan şüpheliyim. 1863 yılı olduğunu ve o zaman kimsenin, gökyüzünde milyarlarca galaksi ve her birinin merkezinde süper kütleli bir karadelik var olduğunu bilmediğini; bu karadeliklerin muhtemelen akıl almaz derecede uzun radyo jetlerini dışarı atarak onları anlamamızı zorlaştırdığını göz önünde bulundurursak. Yine de bu şiiri her duyduğumda aklıma bu gelir.

* Blake, W., & Baskin, L. (1968). *Auguries of Innocence*. NewYork: Printed anew for Grossman Publishers.



**Onu Görmemeniz Var Olmadığı
Anlamına Gelmez**

Şu an etrafınızda gördüğünüz her şey, tuttuğunuz bu kitap bile, sıradan maddeden yapılmıştır. Yani baryonlardan –protonlar, elektronlar, nötronlar– yapılmıştır. Bu tür maddelerin hepsi ışıkla bir şekilde etkileşime girer. Ya ışık üretir, ya yansıtır ya da soğurur. Bu olduğunda, ışığın varlığıyla veya yokluğuyla bir şeyin orada olduğunu tespit edebiliriz. Uzayın enginliğine baktığımızda yıldızlardan toza ve karadeliklere kadar görebildiğimiz her şey, sıradan maddeden oluşuyor. Yine de sıradan madde, evrendeki tüm maddenin yalnızca yüzde 15’ini oluşturur. Evrendeki maddenin geri kalan yüzde 85’inin neyden yapıldığını bilmiyoruz. Bu, çarpıcı bir düşünce!

Işık ile etkileşime girmeyen maddenin geri kalanını “karanlık madde” olarak adlandırıyoruz. Bu madde ışık yaymaz, yansıtmaz veya soğurmaz, bu yüzden onu “görmek” mümkün değildir. Işığı kendi olay ufğunun ötesine hapseden izole edilmiş bir karadeliğin aksine (belki bunu “emici” ışık olarak sınıflandırabiliriz), karanlık madde tüm evreni kaplar. Güneş sisteminde bile, bir çay kaşığı ölçüsündeki uzayda yaklaşık iki proton değerinde karanlık madde olduğunu düşünüyoruz ancak yine de onunla etkileşime girmenin bir yolu yok.

Öyleyse karanlık maddenin var olduğunu nasıl biliyoruz? Tıpkı karadelikler gibi, ışık bir seçenek

olmasa da karanlık madde yerçekimi ile etkileşime giriyor ve bu nedenle uzayı, normal maddeyle tamamen aynı şekilde büküyor. Üstelik son yarım yüzyılda, karanlık maddenin var olması gerektiğini gösteren birkaç sonuç elde edildi.

İlk kanıt, galaksilerdeki yıldızların dönüş hızlarından geldi. Bu konu, 1970'lerde karanlık madde araştırmalarına öncülük eden Vera Rubin tarafından inceleniyordu. Evrendeki tüm kütlenin yüzde 85'ini oluşturan bir şeye dair kanıt bulan ilk kişi olmak azımsanacak bir şey değildir.

İşin garip yanı, Vera kimse onu rahatsız etmeden üzerinde çalışabileceği ve onu beladan uzak tutacak bir problem arıyordu (doktora tezi sonuçları, daha sonra doğru çıkmasına rağmen o sırada gökbilimciler arasında bazı tartışmalara neden olmuştu)*. Vera, yıldızların farklı mesafelerde galaksi merkezleri etrafında hareket ettiği hızları ölçmenin daha mantıklı bir tercih olacağını düşündü.

Yerçekimi yasası bize, galaksinin merkezinde daha fazla yıldız olma eğiliminde olduğu için, merkezin etrafında dönen yıldızların hızının, onlardan uzaklaşıldıkça düşmesi gerektiğini söyler. Güneş sistemimizdeki gezegenlerde gördüğümüz budur. Güneş'e daha yakın olan gezegenler, Güneş'ten daha uzaktaki gezegenlerden çok daha hızlı yörüngede dönerler. Bunun nedeni, güneş sistemimizdeki kütlenin yüzde 99,8'inden fazla-

* Rubin daha önce evrenin genişleme hızına baktı ve bu hızın farklı yönlerde farklı seyrettiğini gördü. Bu, o zamanlar tartışmalı bir konuydu ancak nihayetinde evrensel olmasa da yerel olarak doğru olduğu kabul edildi. Tıpkı ağaçlar yüzünden odunu görememek gibi.

sının Güneş'in merkezinde yoğunlaşmasıdır. Vera'nın cevaplamaya çalıştığı soru, aynı şeyin galaksiler içinde yörüngede dolanan çok daha büyük yıldız ölçeğinde bulunup bulunmadığıydı. Yani, Vera'nın yıldızların hareket ettiği hızı ölçmesi gerekiyordu. Bu, karmaşık olması gerekiyormuş gibi görünse de oldukça düzgün bir fizik.

Işık bir dalgadır (bir parçacık olduğu durumlar hariç, doğrusu ışığı ışık yapan kişilik bozukluğu olmasıdır) tıpkı bir ses dalgası gibi. Bir ambulans sireninin; dalgayı size doğru geldiği zaman sıkıştırarak daha yüksek perdeye, dalgayı sizden uzaklaşırken gererek alçalmasına neden olan süreç ışığı da etkiler. Buna Doppler kayması denir ancak ses perdesi değişikliği yerine, ışık dalgalarının ezilmesi ve gerilmesi, gördüğümüz ışığın rengini değiştirir. Daha fazla uzamış ışık dalgaları daha kırmızıdır ve daha sıkışık ışık dalgaları daha mavidir. Etrafımızda dönen bir galaksiye baktığımızda, yıldızların bir kısmı bize doğru, bir kısmı da bizden uzağa doğru döner. Işıktaki galaksinin bir tarafından diğerine farklı bir Doppler kayması görürüz. Bu Doppler kayması size yıldızların ne kadar hızlı hareket ettiğini söyler.

Vera, Andromeda galaksisinden başlayarak, galaksilerin çevresinde yıldızların daha düşük hızlarda dönmediğini, aslında hızın merkezden uzaklaştıkça oldukça sabit olduğunu keşfetti. Bu gerçekten çok tuhaf ve kesinlikle beklenmedik bir şeydi. Bu bulgunun önerdiği şey, galaksilerdeki kütlelerin çoğunun merkezde bulunmadığı, aksine galaksilerin çevresinde olduğuydu.

Yine de bir galaksiye baktığımızda, onun çevresinde daha fazla yıldız görmeyiz; en büyük yıldız yoğunluğu merkezde meydana gelir. Yani bu, karanlık madde halesi dediğimiz şeyde galaksiyi çevreleyen göremediğimiz çok büyük miktarda madde olması gerektiği anlamına geliyor.

Karanlık madde için ikinci kanıt, galaksilerde önerilen kütleçekiminin ne kadar olduğunu ve yıldız ışığında ne kadarını tespit edebildiğimizi karşılaştırmaktan geldi. Einstein'ın dediği gibi; devasa nesneler, ışığın birlikte hareket ettiği uzay zamanı eğri hâle getirir. Bu garip bir kavram gibi gelebilir ancak lensler de ışığın yolunu değiştirir. Gözlükleriniz veya kontaklensleriniz ışığı bükerek, böylece uzaktaki veya yakınınızdaki nesneler gözleriniz için özel olarak odaklanır. Büyük galaksi kümeleri, arka plandaki galaksiler üzerinde aynı etkiye sahip olabilir, böylece ışığın takip ettiği yol bize doğru gelirken küme etrafında kıvrılır. Hizalama tam olarak doğruysa, arka plandaki galaksinin ön plandaki galaksinin etrafında bir ışık halkası oluşturmasını bile sağlayabilirsiniz. Astronomide buna *Einstein halkası* diyoruz ancak romantik bir akşamda benzer bir ışık halkasını bir şarap kadehi ve mum aleviyle yaratabileceğinizi fark etmiş olabilirsiniz.

Bir halkanın içine bükülerek giren ışık miktarı, ön plandaki galakside mercekleme yapan madde miktarını bize söyler. Bu galaktik lensleri gördüğümüzde bir kez daha, yerçekiminin orada, yıldızlardan gelen ışıkta gerçekte görebildiğimizden daha fazla madde olduğunu söylediğini anlarız.

Geçtiğimiz birkaç on yıl boyunca, gökbilimci ca-

miasında çok sönük yıldızlar, nötron yıldızları ve karadeliklerin bu eksik maddenin yerini tutup tutamayacağı konusunda birçok tartışma oldu. Bunlara MACHO'lar –Büyük Kütleli Yoğun Halo Cisimleri– diyoruz. Çok sönük yıldızlar, kızılötesinde parlama eğilimindedir çünkü hâlâ sıcaklardır, bu nedenle bunlardan kaç tane olduğunu tahmin edebiliriz. Radyo dalgaları ve X-ışınları gibi diğer ışık dalga boylarında tespit edebildiğimiz nötron yıldızları, bunların sayısını tahmin etmemize olanak tanır. Yıldız kütleli karadelikler, kendi Samanyolu'muzda “mikro mercekler” gibi davranır, bizim baktığımız yerden bir yıldızın önünden geçerken onu kısa süreliğine aydınlatır. Her yıl bu olaylardan kaç tanesine tanık olduğumuz ve böyle bir olayın Dünya'daki konumumuza göre hizalanma ihtimali göz önüne alındığında, bunlardan birçoğunu yakalayamadığımızı tahmin edebiliriz. Ancak tüm bunları bir araya getirecek olursak, bu cisimlerin ne kadar ağır olduğunu bilmek, hâlâ bize merceklemenin verdiği miktarı açıklamak için yeterli madde vermez.

Bazı gökbilimciler, Einstein'ın yerçekimini yanlış anlaması hâlinde tüm bunların açıklanabileceğini düşünüyor. MOND, yani Değiştirilmiş Newton Dinamikleri olarak adlandırılan bir araştırma alanı var. Bu, Einstein'ın değil Newton'un başından beri haklı olduğu teorisidir' ve bu teoride karanlık maddeye ihtiyaç duymak yerine tek yapmamız gereken, daha yük-

* Newton'un yerçekimi yasası, Dünya'daki düşük hızlı günlük cisimleri doğru bir şekilde açıklar, ancak orijinal hâllerinde Newton'un denklemleri, Merkür'ün yörüngesini veya karadeliklerin etrafında dönen maddeyi doğru şekilde tahmin etmemize izin vermez. Öte yandan, Einstein'ın yerçekimi yasaları hem gündelik düzende hem de uzayda inanılmaz derecede hızlı, son derece ağır nesneler bağlamında çalışır.

sek hızlarda ve daha yüksek kütlelerde neler olduğunu açıklamak için Newton'un matematiğini biraz değiştirmek. Ancak, devasa galaksi kümelerinden yaptığımız diğer gözlemleri açıklamaya ve bu eksik madde sorununu çözmeye gelince, bu teoriler yıkılır. Şu anda MOND için en büyük sorun, yerçekimi dalgalarının uzayda hareket edeceği hızın ışık hızından farklı olacağını öngörmesidir. Ancak 2017'de hem yerçekimi dalgalarının hem de iki nötron yıldızının birleşip bir karadeliğe dönüşmesinden gelen ışık patlamasının eş zamanlı tespit edilmesiyle bu teori çürütüldü. MOND teorilerinin hiçbiri, Einstein'ın Genel Görelilik teorisinin oldukça hassas bir şekilde yaptığı açıklamalara yaklaşmadığından karanlık maddenin evrende bir şekilde var olduğunu kabul etmeliyiz.

Karanlık maddenin hangi biçimi aldığı, parçacık fizikçileri tarafından hâlâ çözülmesi gereken bir sorudur. Parçacık fizikçileri, gökbilimcilerin ilk etapta aradığı MACHO'ların aksine, WIMP'lerin –Zayıf Kütleli Büyük Etkileşimli Parçacıklar– peşindeler. Parçacıklar, parçacık fizikçileri tarafından “kütleli” olarak adlandırılırken, başka hiç kimsenin kitabında kütleli olarak sınıflandırılmazlar: Parçacıklar bir protondan yaklaşık yüz kat daha büyüktür (bir proton, yaklaşık bir kilogramın sekizde biri kadardır).

Parçacık fizikçilerinin gerçekten sağlam bir teorisi vardır. Bu teori, parçacık fiziğinin “Standart Model”i olarak adlandırılır ve maddenin tüm yapı taşlarını bir araya getirir –dört ana kuvveti yöneten parçacıklar (yerçekimi, elektromanyetizma, güçlü nükleer kuvvet

ve zayıf nükleer kuvvet)– ve nesnelerin neden daha en baştan kütleyle sahip olduğunu açıklar. Tüm bunları, evrende etrafımızda gördüğümüz her şeyi tanımlayan tek bir denklemde yoğunlaştırır. Ancak bunun yanında bazı sorunları da beraberinde getirir; bu sorunlardan en büyüğü, karanlık maddeyi hiç içermediği gerçeğidir. Bu nedenle, günümüzde bazı parçacık fizikçileri sağlam teorilerinin kapsama alanını genişleterek karanlık maddeyi araya sıkıştırmaya çalışır. Bunu yapmak için de karanlık maddenin bir kısmını tespit ederek neyden yapıldığını bulmaları gerekir.

Bu kadar küçük, ışıkla ve hatta başka bir maddeyle etkileşime giremeyen bir şeyin arama yöntemi büyük bir sorundur. Bu maddeyi bulmak için bir yöntem, bir karanlık madde parçacığının, tespit edebileceğimiz normal bir madde parçacığı ile çarpıştığı anı gözlemlemeye çalışmaktır. Bilardoda renkli bir topa vuran bilardo topu gibi, ancak o zaman diğer parçacığın momentumundaki veya enerjisindeki değişikliği belirleyebilmeliyiz. Bu tür çarpışmalar, su veya hava gibi ılık bir akışkanın gündelik düzeninin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu yüzden fizikçiler öncelikle bir sıvıyı, mutlak sıfır derecenin üzerinde bir fraksiyona ulaşana kadar aşırı soğutulmalıdır, böylece parçacıkların enerjisi biter ve hatta zar zor hareket ederler. Akışkanı, uzaydan gelen kozmik ışınlar gibi, akışkan parçacığın enerjisinde bir çarpmaya neden olabilecek diğer radyasyonlardan korumak için yeraltında kilometrelerce mesafe katetmeleri gerekiyor. Diyelim kilometrelerce yerin altındaki iyi derecede soğutulmuş ve korunaklı akışkanı

elde ettiniz, o zaman bu, karanlık madde parçacığı ile beklenmedik olsa da mümkün olan bir çarpışmanın neden olduğu enerjide bir sıçrama tespit ettiğiniz an için beklemeniz gereken bir oyun hâline gelir.

Bu tür deneyler 1996'dan beri devam ediyor ve biz hâlâ bekliyoruz.



**Ne Kadar Uzağa
Gidebiliriz?**

Bir insanın Dünya'nın yüzeyinden bugüne kadar gittiği en uzak mesafe, 15 Nisan 1970'te 400.171 kilometre veya 248.655 mildir. Bu rekor, Apollo 13'ün Ay'a iniş görevi sırasında bir oksijen tankının patlamasıyla geminin bozulması sırasında kaydedildi, yani Ay'a güvenli bir iniş artık mümkün değildi. Patlama meydana geldiği sırada Jim Lovell, Fred Haise ve Jack Swigert adlarındaki astronotlar, 60 saat sürecek Ay'a gidiş yolculuklarında 55 saatten fazla zamandır oradaydılar. Mürettebatı güvenli bir şekilde Dünya'ya geri getirmek üzere, NASA'nın acil durum astronot kurtarma planını uygulamak için Dünya'dan çok uzaktılar. Bunun yerine mürettebat, Dünya'ya geri dönmelerine yardımcı olmak üzere onlara yerçekimsel bir enerji artışı sağlasın diye Ay'ın uzak tarafını dolaştı. Ay'ın uzak tarafındaki bu döngü sırasında, Ay da yörüngesinde Dünya'dan en uzak konumunda yüzeyden 254 kilometre yükseklikteyken (diğer Apollo görevlerinin uçuş güzergâhlarından 100 kilometre daha yüksek) bu rekor kırıldı.

Üç astronot, mürettebatın ve NASA yer personelinin pratik zekâsı sayesinde fırlatıldıktan altı gün sonra güvenli bir şekilde Dünya'ya döndü. O hâlde, bu görevin başarısız mı yoksa başarılı olarak mı görülmesi gerektiğini söylemek zor. Ay'a inişin asıl amacına ulaşamadı ancak kimse yaşamını yitirmedi ve yeni bir

insanlı uzay uçuşu rekoru kırıldı. Yaklaşık elli yıl sonra, uzayda geçirilen en uzun süre, en fazla sayıda uzay yürüyüşü, en uzun uzay yürüyüşü ve hatta halatsız* uzay yürüyüşleri adına yeni rekorlar elde ettik. Yine de tüm bu başarılar, günümüzde artık hizmet vermeyen Rus uzay istasyonu Mir'de veya günümüzde kullanılan Uluslararası Uzay İstasyonu'nda kendi gezegenimizin yörüngesinde elde edildi. 1972'den beri hiçbir insan Dünya yüzeyinden 408 kilometreden (254 mil; bu Los Angeles ile Las Vegas arasındaki mesafenin biraz fazlası) ileriye gitmedi.

Bunun nedenlerinden biri kesinlikle maliyettir. Güneş sistemimizin çevresini araştırmak için robot uzay aracı veya insansız uzay roketi göndermek daha ucuz, daha kolay ve daha mantıklı. İnsan ırkının Mars'a özel bir düşkünlüğü vardır. NASA'nın Mariner uzay aracı 1963'te Venüs'ün yanından geçtikten ve atmosferin yüzey sıcaklığının 400°C'yi aşan bir asit ve karbondioksit dumanı olduğunu keşfettikten sonra, odak noktamızı bizimkine en çok benzeyen gezegene, yani Mars'a çevirdik.

Ay'ı hesaba katmayacak olursak, Güneş sistemindeki diğer tüm cisimlere gönderdiğimizizin toplamı kadar insansız uzay roketini Mars'a gönderdiğimizi söyleyebiliriz. Dünya'nın yaklaşık yarısı büyüklüğünde olduğu, bir yılın bizimkine oranla iki kat daha uzun ve bizimkine benzer bir günün de yirmi dört buçuk

* Uzay yürüyüşüne çıkan astronotlar, bir ucu kendilerine, diğer ucu ise istasyona bağlı güvenlik hatlarından yararlanır. Bu sayede astronotlar, uzay boşluğuna doğru sürüklenmekten kurtulur. (ç.n.)

saat sürdüğü* göz önünde bulundurulursa, insanların neden bu kadar meraklı olduğunu anlamak kolaydır. En önemlisi, hepimiz Mars'ın yaşama elverişli olup olmadığını veya bir gün bu koşullara uygun hâle gelip gelemeyeceğini bilmek istiyoruz.

Ancak Dünya ile Mars arasında, Mars'ı insanlar için yaşanabilir hâle getirme çabalarını gerçekten engelleyebilecek önemli bir fark var: manyetik alan eksikliği. Pusulalar işaret edecek bir kuzey kutbu olmadan çalışmayacağından, ilk başta manyetik alan eksikliğinin yalnızca Mars'ta navigasyonu etkileyeceğini düşünebilirsiniz ancak bu eksikliğin bundan çok daha ciddi sonuçları vardır.

Dünyanın manyetik alanı bizi Güneş'ten gelen, zararlı enerji yüklü parçacıklardan korur. Güneş, görünür ve ultraviyole ışını yayarak Dünya'da gelişmemizi sağlarken, aynı zamanda X ışınlarından radyo dalgalarına kadar tüm ışık spektrumunda da ışık yayar. Atmosferimizin üst kısmındaki ozon tabakası, X ışınları ve UV ışığı gibi yüksek enerjili ışığı emerek yüzeyde bize nüfuz etmesini engeller. Ancak atmosfer, tüm bu nükleer füzyon reaksiyonlarının baskısı çok arttığından Güneş'in ara sıra kustuğu yüksek hızlı parçacıkları engellemeye gelince güçsüzdür. Burası Dünya'nın manyetik alanının devreye girdiği yerdir. Güneş'ten

* Burada, Dünya'daki deneyleri desteklemek için "Mars zamanında" yaşayan bazı araştırmacılar, mühendisler ve stajyer astronotlar var. Özellikle ABD, Hawaii, Mauna Kea'da uzun süredir devam eden HI-SEAS deneyi, Mars'taki bir insan uzay üssünün nasıl olacağını simüle etmeye çalışıyor. Araştırmacılar Dünya saatiyle hızla uyumsuzlaşırken, insanlar genellikle 24,5 saat uzunluğunda bir gün yaşamının ideal olduğunu bildiriyor ve bu, hayattaki küçük şeyleri halletmeniz için size fazladan yarım saat veriyor.

gelen bu “rüzgâr”daki parçacıkların çoğundan Dünya’yı korur, geri kalanı ise atmosferimizdeki nitrojen ve oksijene çarptıkları ve onlara parlamaya yetecek kadar enerji verdikleri yere, yani kutuplara gönderilir. Bu muhteşem ışık gösterilerine Aurora Borealis ve Australis (veya Kuzey ve Güney Işıkları) diyoruz. Güneş sisteminde kutuplardaki bu inanılmaz ışık şovlarına tanık olan tek gezegen biz değiliz; Jüpiter ve Satürn’den görünen kuzey ışıkları özellikle olağanüstü. Ancak Mars’ın manyetik alanı olmadığı için o kadar güçlü auroraları yoktur.

Bu manyetik alan eksikliği, Mars’ın Güneş’ten gelen yüksek hızlı parçacık bombardımanına karşı korunmasız olduğu anlamına geliyor. Mars’ın ve güneş sistemimizin oluşumundan bu yana geçen beş milyar yıl içinde, Mars’ın atmosferi bu parçacıkların uyguladığı baskıya karşı kazanmanın mümkün olmadığı bir savaşa girdi. Sonuç olarak Mars, tutunabildiği en ağır unsurlar dışında atmosferindeki her şeyden sıyrıldı. Atmosferi şu anda yüzde 98 karbondioksitin üzerinde ve Dünya atmosferinden 170 kat daha ince. Onu koruyacak ozon tabakası olmadığından, X ışınları ve ultraviyole radyasyonu gibi zararlı radyasyon kolayca yüzeye ulaşabilir ve bu, belki bir gün Mars’ta mağaza açmaya karar veren maceracı insanlar için hayatı daha da karmaşık hâle getirebilir.

Şu anda Mars’ta çalışan Curiosity adlı bir keşif aracı ve InSight adlı bir sabit iniş aracı var. Kendilerinden öncekilerle birlikte, Mars’ın yüzeyini Ay’daki uzay

sondalarından daha fazla keşfedip araştırdılar.’ Bu keşif araçlarının özverisi, su, kutup buzlarına hapsolmadan veya buharlaşıp tekrar uzayda kaybolmadan önce Mars’ın yüzeyinde muhtemelen bir zamanlar su olduğunu keşfetmemizi sağladı. Opportunity adlı keşif aracı ile teması 2018’de, Mars’ın yüzeyinde on dört yıllık bir operasyonun ardından kaybettik ve Mars’ın yüzeyinde tek bir keşif aracıyla katedilen 42.195 kilometreyle başka bir uzay keşif rekorunu kırdık.

Opportunity ile teması kaybetmemizin nedeni, gelecekte Mars’ta inşa edilebilecek insan üsleri için âdeta bir ders niteliğinde. Opportunity güneş enerjisiyle çalışıyordu. Çok uzaklara gitmemesi koşuluyla Güneş’le şarj olmadan birkaç gün hayatta kalabilir ve uyku moduna geçerek birkaç ay dayanabilirdi. Bu, Mars’ta özellikle büyük bir kum fırtınası varsa meydana gelebilir. Kum fırtınaları, tıpkı Dünya’daki fırtınalar gibi oluşur; Güneş yere en yakın havayı ısıtır, sıcak hava yükselir ve bununla birlikte yüzeydeki kum partiküllerini de yüzey üzerinde kum bulutları oluşana kadar kendisiyle birlikte taşır (Dünya’daki gibi atmosferde yüksek yerlerde bulut oluşturmak için suyun yüzeyden buharlaşmasının aksine). Bazen, koşullar uygun olduğunda ve Mars yörüngesinde Güneş’e yakın olduğunda, bu kum fırtınaları tüm gezegeni yutacak ve Güneş’ten gelen neredeyse tüm ışığı engelleyecek şekilde büyüyebilir. Böyle zamanlarda bir keşif aracının tüm sistemleri kapatması ve gücü muhafaza etmesi

* Apollo 15, 16 ve 17’nin astronotları tarafından sürülen Ay Keşif Araçları, her biri 27 ila 36 kilometre yol katederek Mars’ta robot keşif araçları tarafından Ay’da katedilen tüm mesafeyi değiştirdi.

gerekir. Bir keşif aracının belirli aralıklarla uyanması, pil durumunu kontrol etmesi ve yeterli gücü varsa Dünya'ya bir ping* atması beklenir. Opportunity Haziran 2018'de uyku moduna geçti ve kum fırtınası Ekim 2018'de dindi; ancak NASA Şubat 2019'a kadar Opportunity'den henüz herhangi bir haber almamıştı. O zamana kadar güneş panellerindeki kumun uçup gitmiş olması gerekirdi, bu nedenle kumun bir şekilde elektronik parçaların içine girdiği ve sonunda Opportunity'nin görevini bitirmiş olduğu varsayılıyor.

Gezegen çapındaki bu kum fırtınalarının yaklaşık üç yılda bir yaşanması bekleniyor, bu yüzden bu durum Mars'ta bir üs planlarken görmezden gelebileceğiniz bir şey değil. Böyle bir fırtınayla karşı karşıya kaldığınızda, aylarca süren elektrik kesintisinin bir insan üssü için gerçek bir sorun olacağını tahmin edebilirsiniz. Yalnızca birileriyle iletişim kurmak ve Netflix'te bir diziden ötekine geçmek için değil, aynı zamanda oksijen düzenleme ve ısıtma veya soğutma sistemleri gibi önemli yaşam destek sistemleri için de. Mars'ta bir insan üssü kurmayı aklımızdan bile geçirmeden önce, en kötü senaryoyla karşılaştığımızda görev iptalini içerebilecek, sağlam bir kum fırtınası acil durum planına ihtiyacımız var.

Güneş sisteminde gelecekte bize yakın yerlerdeki varış noktaları arasında, Jüpiter, Satürn ve Neptün'ün birkaç uydusuna yapılacak potansiyel uzay sondası görevleri yer alıyor. Bir ihtimal yaşama elverişli ol-

* Ping, Mike Muuss tarafından 1983'te yazılmış bir programdır. Temel olarak bir kaynak ve bir alıcı olmak üzere iki bilgisayar arasında bir veri paketinin gönderilip alınması anlamına gelir. (c.n.)

malarının temel sebebi ise; büyük okyanusları buzlu kabukların altına gömülü, yoğun volkanik faaliyetlere sahip gezegenler olmalarıdır. Ancak insanları, uzay yolculuğunda bu yaşanabilmesi muhtemel dünyaları keşfetmeye ikna etmek büyük bir sorundur. Şimdiye kadarki en hızlı insanlı uzay uçuşu rekoru, Apollo 10 mürettebatı Mayıs 1969'da Dünya'ya dönüş yolunda, Ay'ın etrafında çekim etkili manevra yaparken kırıldı. Saatte 39.897 kilometre (veya saatte 24.791 mil) giderek en yüksek hıza ulaştılar; bu hızda Londra'dan Auckland'a bir saatten kısa sürede gidip dönebilirsiniz. Bu kulağa oldukça hızlı gelse de o zamandan bu yana mürettebatsız uzay sondalarının çok daha yüksek hızlara ulaştığını kaydettik; günümüzde NASA'nın Juno adlı uzay sondası bunların başında gelir. Bu araç Jüpiter'in yörüngesine girdiğinde saatte 266.000 kilometre (saatte 165.000 mil) hareket ediyordu. Daha iyi anlaşılması adına örnek verecek olursak, Apollo 10 görevinin Ay'a ulaşması dört gün, Opportunity'nin Mars'a varması sekiz ay ve Juno'nun Jüpiter'e ulaşması beş yıl sürmüştür. Mevcut uzay uçuşu teknolojimizle güneş sistemimizdeki mesafeler, uzun vadeli, mürettebatlı keşif görevleri planlamayı son derece zor hâle getiriyor.

Öyleyse, bir gün güneş sisteminin sınırlarının ötesini keşfedebilecek miyiz? NASA'nın Voyager 1 ve 2 uzay araçları, uzayda Jüpiter ve Satürn gibi gazdan oluşan dev gezegenlerin yanından süratle uçarak uzatılmış görevlerini yerine getirmek için 1977'de fırlatıldı. Voyager 2, Uranüs ve Neptün'ün bile yakınından uçmuştur. Bu

iki gezegeni ziyaret eden tek uzay sondasıdır. Uranüs ve Neptün'ün elimizdeki detaylı görüntülerinin hepsi Voyager 2 tarafından çekildi. Voyager 2'nin Neptün'ün etrafındaki son uçuşu Ekim 1989'daydı ve bu uzay aracı, o zamandan beri güneş sisteminin Güneş'ten de öte en uzak noktalarına gitmeye devam ediyor. Bunu yaparken de etrafındaki uzayın özelliklerini Dünya ile paylaşıyor. Voyager 2, Şubat 2019'da algıladığı güneş rüzgârı parçacıklarının sayısında büyük bir düşüş ve uzaydan gelen kozmik ışın parçacıklarında büyük bir sıçrama olduğunu bildirdi. Dünya'dan fırlatıldıktan 41 yıl 5 ay sonra, nihayet bu noktada güneş sistemin-den ayrıldı.

Voyager 1, Ağustos 2012'de güneş sisteminden ayrılan ilk uzay aracıydı. Günümüzde yaklaşık 21,5 milyar kilometre (13,5 milyar mil) uzaklıkta, Dünya'dan en uzak sentetik nesnedir. Voyager 2 ise 18 milyar kilometre (11 milyar mil) uzaklıkta bize her zamankinden biraz daha yakın. Nihayetinde Voyager uzay araçlarıyla bağlantımızı kaybedebiliriz ancak Voyager'lar, onları yavaşlatacak veya engelleyecek hiçbir şey olmadan Güneş'ten daha da uzaklaşmaya devam edecekler. Bu nedenle, her iki Voyager aracı da elli beş farklı dilde selamlama, dünyanın dört bir yanından müzik türleri ve doğadan sesler dahil olmak üzere Dünya'dan seslerin bir kaydını taşıyor. Olur da bu uzay sondası, insanlığın geleceğinin bilinmediği çok uzak bir gelecekte zeki yaşam formlarıyla karşılaşır diye.

Bir sonraki Güneş'e en yakın yıldız, inanılmaz bir mesafede, 39.923.400.000.000 kilometre uzaklıktaki

Alfa Centauri'dir. Işığın *saniiyede* 299,792 kilometre hızla bu mesafeyi katetmesi 4 yıldan biraz fazla zaman alır. Voyager 1'in daha gerçekçi hızında, uzay aracının Alfa Centauri'ye ulaşması 74.000 yıl alacaktı, ancak bu aracın oraya yakın bir yere gittiği söylenemez. Voyager 1, bunun yerine Ophiuchus takımyıldızı yönünde ilerliyor, böylece yaklaşık 40.000 yıl içinde Voyager 1, Küçük Ayı takımyıldızındaki bir yıldızın 16 milyar kilometre yakınına gelecek ve ona en yakın yıldız, artık taşıdığı tüm kayıtlara hayat veren Güneş olmayacak.

Uzay araçlarına enerji sağlamanın daha kullanışlı ve daha hızlı başka bir yolunu bulmayı başaramazsak, bir insanı arkadaşlarını ve ailesini terk etmeye ve güneş sisteminin en ücra köşelerine dönüşü olmayan bir yolculuk yapmaya ikna etmek kolay bir iş olmayacak. Eğer bir gün yıldızlararası seyahat ederek güneşimizin güvenli yerçekimi etkisinin ötesini keşfetmek istersek, daha iyi teknolojiye ve son derece cesur kâşiflere ihtiyacımız olacak. Sevgili okuyucularım, merak ediyorum da bugün bu yolculuğa çıkma şansınız olsaydı, gider miydiniz?



Dünya 2.0'ın Peşinde

Evren 14 milyar yıl önce, harikulade bir yaratılış hikâyesiyle ortaya çıktı; 9,5 milyar yıl sonra Güneş, Dünya ve güneş sistemi şekillenmeye başladı. Bir milyar yıl sonra (Büyük Patlama’dan bu yana yalnızca 13,5 milyar yıl geçmişken), Dünya’nın okyanuslarında yaşam belirtileri oluştu ve bu da dinozorların kara da yürümesine olanak verdi. 1995 yılına kadar olan süreci; Yunan, Roma ve Maya uygarlıklarının yükseliş ve düşüşüne, bitkilerin, memelilerin ve kuşların evrimine şahit olan önümüzdeki 500 milyon yılı hızlıca geçelim. Spice Girls kariyerinin zirvesinde, *Oyuncak Hikâyesi* de henüz beyaz perdedeyken, nihayet Samanyolu’ndaki başka bir yıldızın etrafında ilk onaylanmış gezegen bulunuyor. Kulağa hoş gelen tınisiyla “51 Pegasi b” olarak adlandırılan bu gezegenin keşfi, benim için, hayatım boyunca yapılan en büyük astronomik keşiflerden biridir*. Bu keşif, güneş sistemimizin sadece evrende bir tuhafılık olmadığını, diğer yıldızların da yörüngesinde dönen gezegenler olduğunu ve belki, sadece belki, bu gezegenlerin yaşama ev sahipliği yapabileceğini doğruladı.

Dahası, bu keşif, yeni bir gezegen keşfetmenin bir salı günü öğleden sonrası için olağan bir şey hâline

* İtiraf etmeliyim ki Spice Girls’ün yeni albümüne o kadar odaklanmıştım ki bu o zamanlar pek de farkına varmadığım bir keşifti.

geldiği, ötegezegen* araştırmalarının “altın çağı” olarak adlandırılan dönemi başlattı. Bu, hevesli amatör gökbilimcilerin isterlerse dahil olabileceği bir şeydi. Ama asıl soru her zaman, 1995’teki ilk onaylanmış keşiften önce bile, şuydu: Dünya’ya en çok benzeyen gezegen nerede? Oralarda bir yerde bizimki gibi yıldızların etrafında, yörüngede dönen başka gezegenler olup olmadığı ve bu gezegenlerin bir ihtimal bizimki gibi yaşama ev sahipliği yapıp yapmadığını bilmek istiyoruz. Son yıllarda, bu sadece merak olmaktan çıkıp ihtiyaçtan kaynaklanıyormuş gibi hissettiren bir arayışa evrildi, ancak – önceki bölümde ele aldığımız gibi – başka bir Dünya’ya taşınmak, her ne kadar sonunda buna ihtiyaç duyma ihtimali olsa da bizim için uygun bir seçenek değil gibi görünüyor.

Gezegensemizin yaklaşan kıyameti bir yana, güneş sistemi dışında bir gezegen bulmaya nereden başlayacağız? İnsanların bu ötegezegenleri bulmak için kullandığı üç ana yöntem vardır: doğrudan görüntüleme, radyal hız ölçümleri ve yıldız geçişleri. İlki: Doğrudan görüntülemede, adı üstünde, yıldızının etrafında dönen gezegenin doğrudan görüntüsünü alırsınız. Bu kulağa kolay gelse de yıldızların parladığını ve onların milyonlarca mil öteden görebilmemiz için oldukça büyük miktarda enerji verdiğini unutmayın. Ancak gezegenler parlamaz, sadece onları görebilmemiz için yıldızlarından gelen ışığı yansıtırlar. Güneş sistemindeki Ay’ı ve gezegenleri böyle görüyoruz. Elbette bu, bir görüntü almaya çalıştığınızda yıldızın gezegenden

* Güneş sistemi dışındaki gezegenler. (ç.n.)

önemli ölçüde daha parlak olduğu anlamına gelir ve bu, gezegeni tespit etmeyi inanılmaz derecede zorlaştırır; tıpkı göz kamaştırıcı bir stadyum ışıklandırmasının yanında küçük bir ampul tutan birini görmeye çalışmak gibi.

İşin püf noktası, öncelikle teleskop detektörünüzün ortasına dairesel bir örtü yerleştirip ardından bir görüntü alarak yıldızdan gelen ışığı bloke etmektir. Bu görüntülerde çok fazla karlanma^{*} olduğu için, insanlar başka görüntüler çekmeden önce birkaç gün veya hafta bekleme eğilimindedir. Bu, ilk görüntüde bir gezegen olduğunu düşündüğümüz parlak piksel yığınının, ikinci görüntüde hâlâ orada olduğunu kontrol edebilmemiz içindir (sadece bir karlanma izi olmadığından emin oluruz). Hatta gezegen, bu süre içinde kendi yıldızı etrafındaki yörüngesinde daha da ilerlemiş olabilir.

Yıldızlarından daha uzak bir yörüngede dönen gezegenleri doğrudan görüntüleme yöntemiyle fark etmek daha kolaydır, çünkü gezegenden yansıyan ışığı yıldızın parlamasından ayırmak daha kolaydır. Yıldızlarından, Dünya'nın Güneş'ten olduğundan yüz kat daha uzaktaki gezegenlerden bahsediyorum. Daha iyi anlamanız için; Plüton Güneş'ten, Dünya'nın olduğundan yalnızca elli kat uzaktadır. Dolayısıyla bu yöntemi sadece gezegenleri bulmak için kullansaydık, her zaman, daha fazla ışık yansıtan ve yıldızlarından çok uzak mesafelerde, yörüngede dönen, daha büyük gezegenler bulmaya meyilli olurduk. Dünya 2.0'ı bulmak için tam olarak en iyi yöntem olduğu söylenemez.

* Fotoğrafçılık terimi. Fotoğrafta meydana gelmiş gri, ince veya iri halkalara denir. Bunun asıl nedeni yüksek film süratidir. (ç.n.)

Olası başka bir yöntem, bir gezegen-yıldız sisteminin, kütle merkezinin tam olarak bir yıldızın ortasında olmamasına dayanan radyal hız ölçümüdür. Güneş'i, Dünya'nın yörüngesinin tam merkezi olarak düşünmek kolaydır ancak gerçekte durum böyle değildir. Aynı büyüklükte ve kütlede iki nesnenin birbirlerinin etrafında, bir yörüngede döndüğünü hayal ederseniz, bunlar tam olarak ikisinin ortasındaki noktanın etrafında döneceklerdir ki buna kütle merkezi diyoruz. Bu nesnelerden birini sürekli olarak daha büyük kılsak, bu nesne diğerine göre daha büyük bir çekim kuvvetine sahip olacak ve kütle merkezi daha ağır nesneye doğru kayacaktır. Güneş sisteminde, Güneş o kadar büyüktür ki kütle merkezi Güneş'in içinde bir yerdedir ancak tam olarak merkezde olmadığı noktaya kaymıştır. Güneş, kütle merkezi etrafında dönmeye devam ettiği için yalpalıyormuş gibi görünür. Aslında gezegenleri olan tüm yıldızlar, Güneş gibi yalpalar. Bu nedenle, bir gezegenin yörüngesindeki bazı noktalarda yıldız bize doğru yalpalıyorken, bazı noktalarda bizden uzaklaşıyor. Bu yalpalama, yıldızdan gelen ışığı kırmızı ve maviye kayacak şekilde uzatır ve sıkıştırır (Hubble, aynı yöntemi, tüm galaksilerin bizden uzaklaştığını hesaplamak için kullanmıştır). Bu uzamayı veya sıkışmayı tespit ederek yıldızın hız kaymasını hesaplayabiliriz.

Basit yörünge matematiği kullanarak bu hız değişimini, yıldızın etrafındaki ötegezegenin kütlesi ve yörünge mesafesiyle ilişkilendirebiliriz. Gezegen, yıldızın

* (İng.) *Wobble method*: Doppler spektroskopisi veya halk dilinde yalpalama yöntemi. (e.n.)

yörüngesinde döndüğünden, bu özel hız değişikliğinin tekrarlandığını göreceğiz; böylece bir gezegen keşfettiğimizde, keşfimizden tamamen emin olabiliriz. Yine de, bu yöntem birkaç önyargıyı beraberinde getirir. Gezegen ne kadar büyükse, yıldızda neden olacağı hız kayması da o kadar büyük olur. Bunun da ötesinde hızlı yörüngelerle yıldızlarına daha yakın olan gezegenler için, yinelenen biyolojik imzayı tespit etmek çok daha kolaydır. Yıldızının etrafında dönmesi tam bir yıl süren Dünya benzeri bir gezegen arıyor olsaydık, tekrarlayan hız değişimini görmek için yıldız iki yıldan fazla bir süre boyunca gözlemlememiz gerekirdi. Buna karşılık, yıldızının etrafında dönmesi yalnızca birkaç gün veya hafta süren bir gezegeni tespit etmek çok daha kolaydır.

1995'te 51 Pegasi b'yi saptamak için radyal hız ölçümleri kullanıldı: dört günde bir, Güneş benzeri bir yıldızın etrafında dönen, aşağı yukarı Jüpiter büyüklüğünde olan bir gezegen. Bu gezegen, yıldızının çok büyük, gezegenin çok küçük ve yörüngesinin çok uzun olması özellikleriyle ötegezegenlerin Goldilocks bölgesi olduğundan, tespit ettiğimiz ilk gezegen olması şaşırtıcı değildir. Tüm bunlar, 1995'te kullandığımız teleskopların hassasiyeti ile birleştiğinde, 51 Pegasi b'yi tespit etmek için her şeyin hazır olduğu anlamına geliyordu. Gezegenin varlığı, yıldızının saniyede 70 metre hız kaymasına neden olur. Kıyaslayacak olursak; Jüpiter, Güneş'in saniyede yaklaşık 13 metre, Dünya ise saniyede yalnızca 9 santimetre yalpalamasına neden olur. Bu tür

* Yaşama elverişli bölgelere verilen ad. (ç.n.)

bir kayma, 51 Pegasi b'nin neden olduğu kayma ile karşılaştırıldığında çok küçüktür ve detektörlerimiz bu seviyede bir hassasiyete henüz erişmekte.

Şimdiye kadar ötegezegenleri tespit etmenin en başarılı yolu geçiş yöntemini kullanmaktı. Bu yöntem, bir gezegenin kendi yıldızının önünden geçerek yıldızın gözlemlenen parlaklığının azalmasına neden olduğu yöntemdir. Diğer taraftan, yeterince uzun süre beklersek parlaklıktaki bu azalmanın, gezegen her bir yörüngede yıldızın yanından geçerken tekrarlandığını görebiliriz. Tek yapmamız gereken; gökyüzünde belli bir noktaya bakmak, o noktadaki yıldızların parlaklığını sürekli olarak kaydetmek ve ardından parlaklıktaki azalmayı bulmak için tüm verileri sıralamaktır. Kepler uzay aracının 2009'dan 2018'e kadar yaptığı şey tam olarak budur. Bilim ekibi, verileri tarayan bir bilgisayarın gözden kaçırmış olabileceği, yıldızların parlaklığındaki karakteristik azalmaları bulmak için halkın yardımına bile başvurdu. Vatandaş bilim insanları* bunu yaparak, bir yıldızın etrafında yedi gezegenli bir sistem bulmayı başardılar; bu sistem, bilgisayarın bulmak için programlanmadığı tuhaf görünen bir sinyaldi. Bu geçiş yöntemi yıllar boyunca 7.500'den fazla ötegezegeni bulmak için kullanıldı (bu veriyi radyal hız ölçümleriyle bulunan 456 ötegezegen ve doğrudan görüntülemeyle bulunan yalnızca 19 ötegezegen ile karşılaştıran).

Öte yandan, bu yöntem önyargıları da beraberinde getiriyor, yani bu 7.500 ötegezegen bize Samanyolu'n-

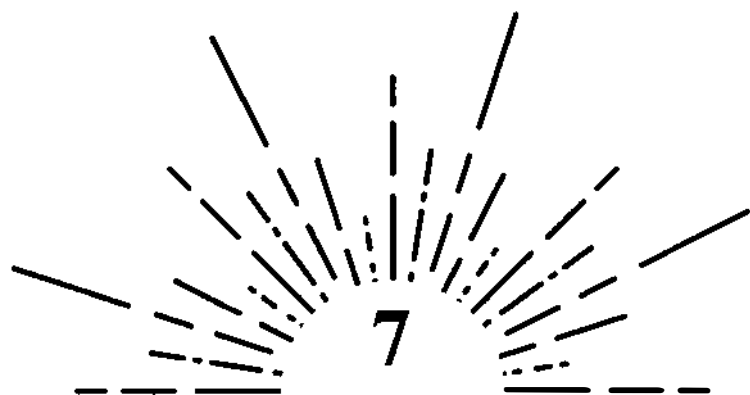
* Profesyonel olarak bilim insanlığı yapmayan kişiler. bkz.Vatandaş Bilimi (ç.n.)

daki gezegenlerin çarpık bir resmini veriyor. Gezegen ne kadar büyükse, parlaklık da o kadar azalır, bu nedenle bu yöntemle tespit edilen ilk gezegen, yıldızının parlaklığında yüzde 1,7'lik bir azalmaya neden oldu. Güneş benzeri bir yıldızın etrafındaki Dünya benzeri bir gezegen, parlaklıkta yalnızca % 0,008'lik bir azalmaya neden olur. Dahası, gezegen yıldıza ne kadar yakınsa, parlaklıktaki azalmalar o kadar çok tekrarlanır ve bunu tespit etme konusunda kendimize daha çok güvenebiliriz. Sonuç olarak, bu yöntemle yıldızlarına yakın büyük gezegenler bulma eğiliminde oluruz.

Tüm bu yöntemlerin ortak sonucu, Dünya benzeri gezegenlerden ziyade aşırı miktarda sıcak (yani yıldızlarına yakın) Neptün ve Jüpiter benzeri gezegenlerdir. Bununla beraber detektörlerimiz daha hassas hâle gelirken, ötegezegen görevleri de gittikçe uzuyor. Bu, “Dünya’ya en çok benzeyen gezegenler” başlığı altında birkaç adayımız olduğu anlamına geliyor. Ama önce bu başlığın gerçekte ne anlama geldiğini tanımlamalıyız. Boyut veya kütle bakımından Dünya’ya en çok benzeyen, yörüngesini yaklaşık bir yılda tamamlayan veya yıldızından Dünya ile aynı uzaklıkta olan bir gezegen olabilir. Ancak yaşama elverişli bir gezegen arıyorsanız, ne yazık ki şu anda boyut veya kütle bakımından Dünya’ya en yakın bilinen ötegezegenlerin çoğu, yaşama elverişli olamayacak kadar yıldızlarına yakın olma eğilimindedir.

Yine de hâlâ umut var. Kepler-438b adında başka bir seçeneğimiz daha var. Bu ötegezegen, Dünya’ya boyut bakımından inanılmaz derecede benzer ancak

yörüngede yıldızına çok daha yakın döndüğünden bir yılı yalnızca 35 gün sürüyor. İyi tarafı, yıldızının Güneş'ten çok daha soğuk ve daha küçük olması, dolayısıyla Kepler-438b'nin yüzeyindeki ortalama sıcaklığın yaklaşık 3 santigrat derece olmasıdır. Bir gün Dünya'yı aniden terk etmek istersek, bu kesinlikle iş görür. Sorun şu ki, Kepler-438b 640 ışık yılı uzaklıkta. Bir ışık yılı, ışığın tek bir yılda saniyede yaklaşık 300.000 kilometre hızla katettiği mesafedir. Bu yaklaşık 3.000 trilyon kilometre uzaklığa karşılık gelir. Işık hızında ilerlese bile oraya varmamız yarım yüzyıldan fazla zaman alır ve bildiğimiz gibi, günümüz teknolojisi bu hızın yakınından bile geçmiyor. Yani oraya seyahat etme imkânımız olsaydı bile, sizin büyük büyük torunlarınız bile geminin vardığını görecektir kadar yaşamazdı. Dahası, oraya ulaşırsak bizi neyin beklediğini kim bilebilir: Belki de Kepler-438b'yi ev olarak benimseyen bir sürü farklı tür buluruz.



**Gece Gökyüzü
Neden Karanlıktır?**

Gece gökyüzünün neden karanlık olduğu sorusu, yüzyıllar boyunca Antik Yunanlılardan 20. yüzyıl gökbilimcilerine kadar birçok fizikçi ve filozof tarafından soruldu. Bu soru, gündüzleri bir doktor, geceleri ise bir gökbilimci olan Heinrich Olbers adlı bir Alman tarafından 19. yüzyılda gündeme getirildi. Diğerleri bu sorunu daha önce tanımlamış olsa da Olbers, bu soruna kendi adını taşıyan bir açıklama getirdi: Olbers paradoksu, karanlık gökyüzü paradoksu olarak da bilinir. Bu sorunun basit bir cevabı olduğunu düşünebilirsiniz: Tabii ki güneş battığı için gece gökyüzü karanlık, dediğinizi duyar gibiyim. Ancak Dünya, gündüz gökyüzünde hep var olan, hayat veren o büyük ışık topundan bizi uzaklaştırmak için kendi eksenini etrafında dönerken, sayısız yıldızla doğru da dönüyor. Bu yıldızlar, daha uzakta olsalar da onlardan çok daha fazlası var: evimiz olan yıldızın oldukça önemsiz görünmesine yetecek kadar. Bu nedenle içinde yaşadığımız evrenin doğası hakkında bize fikir veren cevap çok daha derindir.

Önceki nesillerin evren hakkında doğru olduğunu düşündükleri şeylere bir göz atın. Gökyüzünde Güneş, Ay, gezegenler ve battıktan sonra her zaman yeniden yükselen yıldızlar vardır. Bunlar bilinen ve değişmeyen şeylerdi. Atalarımız bu gözlemlere dayanarak evren hakkında şu sonuçları çıkardılar:

(i) Evren, baktığınız her yönden yıldızları gördüğünüz için, aslında her yönden aynı görünüyordu (biz buna homojen evren diyoruz)

(ii) Evren, hiç değişmeden hep aynı kaldı çünkü yıllar geçtikçe hiçbir şey değişmedi (statik evren)

(iii) Evren sonsuzdu çünkü teleskoplar yüzyıllar içinde geliştikçe, gökyüzünün her yerinde, giderek artan sayıda sönük yıldız bulundu.

Evrenle ilgili tüm bu şeyler doğruysa, o zaman her gözlem hattı, uzayda baktığınız her yer, sonunda bir yıldızla denk gelmelidir. Gözünüze yaklaşık olarak başparmağınızın tırnağı kadar küçük bir gökyüzü parçasını kestirin, kolunuzu uzatıp baktığınızda bu yaklaşık olarak dolunay büyüklüğünde olacaktır. Bir dahaki sefere gece gökyüzüne baktığınızda bunu deneyin ve başparmağınızla Ay'ı gökyüzünden silebileceğinizi göreceksiniz. Hepimiz gerçekte Ay'ın başparmağınızdan çok daha büyük olduğunun farkındayız. Aslında, eğer başparmak tırnağının kabaca dairesel ve yaklaşık 1,5 santimetre genişliğinde olduğunu varsayarsam, Ay'ın yüzeyine 50.000.000.000.000.000 tane başparmağını sığdırabilirim.

Dünya'da, tek bir başparmağının kolumu uzattığımda Ay'ı gökyüzünden silebilmesinin nedeni, tamamen perspektifle ilgilidir. Kolumun uzunluğunun iki katı kadar büyüyebileceğini hayal edersek, iki kat uzaktayken bir dolunayı kapatmak için dört başparmak gerekirdi. Mesafeyi tekrar iki katına çıkarırsanız, bu sefer on altı tane başparmak gerekecektir.

Eğer kollarınızı uzatmak esnemeniz için yeterli gelmediyse, tırnağımın bir de parladığını hayal edin. Başparmağım bana ne kadar yakınsa o kadar parlak, ne kadar uzaksa o kadar sönük görünecektir. Bu, gecele-ri karşıdan karşıya geçerken hepimizin aşına olduğu bir şey: farların ne kadar parlak olduğuna bakarak bir arabanın ne kadar uzakta olduğuna karar vermek gibi. Gökbilimciler, nesnelerin mesafeye bağlı olarak sönükleştiğini uzun zamandır biliyorlar ve perspektifte olduğu gibi bu, uzaklığın karesine bağlı. Yani iki kat daha uzağa gidersek, nesneler dört kat daha fazla soluklaşır, çünkü $2^2 = 2 \times 2 = 4$. Üç kat daha uzaklaşsak, nesneler dokuz kat daha soluk görünür. On kat daha uzaktaysa, yüz kat daha soluk demektir.

Yani kendi kolumun iki katı uzunluğundaki hayali kolun ucunda parlayan başparmağa dönecek olursak, Ay'ı kapatmak için dört parlak tırnağa ihtiyacım olacak, ancak bu tırnaklar benim baktığım yerden dört kat daha sönük görünecek. Böylece bu iki efekt, sizden yalnızca bir kol uzaktaki başparmak kadar parlak, dört başparmak tırnağı vermek için birbirini tamam- lar. Şimdi ise kol uzunluğumu 100 katına çıkardığınızı hayal edin, burada 10.000 kat daha soluk olan ama yine de bir kol boyu uzaklıktaki, tek bir tırnak kadar parlak olacak 10.000 tırnağımız olacaktır, bu sonsuza dek devam edebilir.

Parlayan tırnak benzetmesi biraz zayıf bir benzetme olabilir ama benim hoşuma gidiyor. Şöyle ki; parlayan bir başparmak tırnağı yerine bir yıldızımız olduğunu ve bir kol boyu yerine bir ışık yılımız olduğunu hayal

ederseniz, çok daha büyük nesneler ve mesafelerde bile parlayan tırnak örneğindekiyle aynı gerçeklerin geçerli olduğunu göreceksiniz. Bir ışık yılı uzaklıktaki gökyüzü parçasında bir yıldızım olsaydı, aynı noktada iki kat daha uzakta dört yıldızım olurdu ve bu yıldızlar dört kat daha soluk olurdu.

Şimdi bunu tüm gökyüzünde hayal edin: homojen, her yönden aynı gözüken, sonsuz bir gökyüzü. Her ışık yılı adımında, baktığımız her yönde, sadece bir ışık yılı uzaklıktaki tek bir yıldızla aynı miktarda parlaklığı elde ederiz. Yani sonsuz sayıda ışık yılı adımıyla gece göğü göz kamaştırıcı bir şekilde parlak olurdu! Peki, gökyüzü neden karanlık? Edgar Allan Poe, denemelerinden birinde buna şöyle değinmiştir:

Yıldızlar birbiri ardına sonsuz olsaydı, o zaman gökyüzünün arka planı bize galaksinin gösterdiği gibi tekdüze bir parlaklık sunardı çünkü tüm bu arka planda *yıldız bulunmayan tek bir nokta bile olamazdı*. Bu nedenle, böylesi bir durumda, teleskoplarımızın sayısız yönde bulduğu boşlukları kavrayabileceğimiz tek yöntem, görünmez arka plan uzaklığının, ondan gelen hiçbir ışının bize ulaşamayacak kadar büyük olduğunu varsaymak olabilir*.

Edgar, gökyüzünün karanlık olmasının tek neline odaklandı: Çünkü evren düşündüğümüz kadar eski değildi. Yaratılışından beri evrenin belli bir yaşı

* E. A. Poe (1848), *Eureka- Maddi ve Ruhsal Alem Üzerine Bir Deneme*, Alakarga Sanat Yayınları (2014)

vardır. Bu varsayıma yukarıda bahsettiğimiz üç maddeyi eklersek –ve bize ulaşmasının, önceden ayarlı hız sınırında seyahat ederse ışık zamanı aldığını hesaba katarsak– yalnızca yaratılışın başlangıcından beri bize ulaşmak için yeterli zamanı olan yıldızların ışığını görebildiğimiz sonucuna varırız. Artık evrenin 13,8 milyar yıl önce Büyük Patlama’da yaratıldığını biliyoruz, bu nedenle ışığın bize ulaşması zaman alacağından, ötesinde kör olduğumuz ve hiçbir yıldız göremediğimiz bir “gözlemlenebilir evren” olacaktır.

Ancak Büyük Patlama teorisinden bildiğimiz diğer bir şey de evrenin sonsuz olmadığıdır. Evren sınırlı bir boyuta sahiptir. Yani ışığın bize ulaşması sadece zaman almakla kalmayacak, aynı zamanda tek bir gözlem hattı boyunca sonsuz sayıda ışık yılı adımıımız da olmayacak. Sonuç olarak, gece gökyüzünü aydınlatmak için gereken sonsuz sayıda yıldızla sahip olmayacağız.

Aynı zamanda evrenin her zaman büyüdüğünü unutmamalıyız çünkü uzayın kendisi genişliyor. Uzayın genişlemesi, içinden geçen ışık dalgalarını uzatır. Evrende ışık ne kadar ileri giderse, bizden uzaklaşan yıldızlar ve Hubble’ın galaksileri gibi, evren de o kadar çok kırmızıya kayar. Ancak uzay o kadar genişledi ki, evrendeki en uzak şeylerden gelen tüm görünür ışık, görünür kırmızı ışığın ötesine, kızıl ötesine ve hatta mikrodalgalara gerildi. Bu dalgalar artık zayıf insan gözüyle görülemez ve bu nedenle gece gökyüzünün gerçek parlaklığı bizden tamamen gizlidir.



**Uzaylıların Var Olması
Muhtemel**

İnsanlar bir gökbilimci olduğunuzu öğrendiklerinde, size uzaylılar hakkında soru sormak isterler. Özellikle, insanlara benzer, zeki yaşam formlarının evrenin enginliği içinde bir yerlerde var olup olmadığını merak ederler. Bunun daha çok filozoflara uygun bir soru olduğunu ve karadeliklerin galaksiler üzerindeki etkilerini incelemenin, bana insanlığın şimdiye kadar ortaya attığı en büyük sorulardan biri hakkında yorum yapmak için otomatik bir güç vermediğini iddia ediyorum. Ama yine de insanlar bana sorduğunda, bunu şöyle cevaplarım:

Yüz milyardan fazla yıldızdan oluşan bir galakside, bir yıldızın etrafında dönen bir gezegendeyiz. Bu nedenle bu yıldızlardan yüz milyarda birinin yaşama evsahipliği yapabileceğini varsaymak mantıklı görünebilir. Ancak bu kesinlikle doğrudur, diye bir şey yoktur çünkü Güneş’imiz fazlasıyla ortalama bir yıldızdır. Ne çok sıcaktır ne de çok soğuk. Ne çok enerjiktir ne de ürettiği enerji çok fazla değişkenlik gösterir. Yıldız kulvarında oldukça küçüktür ve aynı zamanda çok uzun ömürlüdür. Tüm yıldızlar Güneş gibi değildir: Yıldız ne kadar büyükse, yakıtları o kadar hızlı biter, bunun aksine en küçük yıldızlar daha az miktardaki hidrojen yakıtını çok daha yavaş yakarlar. Bunun sonucu olarak, farklı bir yıldızın yörüngesinde dönen bir gezegende insanlarınkine benzer zekâyâ dayalı bir yaşam geliştirmek

için Güneş kadar uzun yaşayacak bir yıldızla ihtiyacınız olur.

Bu koşulların evrenin başka bir yerinde olup olmadığını belirlemeden önce, Güneş'in kaç yaşında olduğunu ve Dünya'da zekâyâ sahip yaşamın gelişmesinin ne kadar sürdüğünü belirlememiz gerekiyor. Bunu yapabilmek için Güneş'in toplamda ne kadar enerjiye sahip olduğunu bilmemiz gerekiyor. Yıldızların kendilerine yakıt sağlamasının yolu; nükleer füzyon adı verilen bir süreçte, dört hidrojen atomunu (her biri bir protonlu) helyum atomlarına (iki proton ve iki nötronla) dönüştürmektir. Ancak bir helyum atomu, dört hidrojen atomundan 7/1000 kat daha hafiftir. Peki, aradaki bu kütle farkı nereye gidiyor?

Einstein'ın en ünlü denklemi olan $E = mc^2$ 'yi duymuş olabilirsiniz. Buradaki E enerjidir, m kütle anlamına gelir ve c ise sinir bozucu ışık hızıdır. Bu denklemin bu kadar güzel bir şekilde altını çizdiği şey, fiziğin en temel ilkelerinden biridir: Enerji ve kütle esasen aynı şeydir. Böylece dört hidrojen atomu ile helyum atomu arasındaki kütle farkı, aslında "kaybolmaz", enerjiye dönüştürülür. Dünya'da minnettar olduğumuz şey, bu enerjidir çünkü yaşamın gelişmesine, besinlerin büyümesine ve birçok deniz tatiline olanak sağlayan sıcaklığı bu enerji verir.

Hidrojenin yoğunluğunu hesaplayarak Güneş'in ne kadar büyük olduğunu ölçersek, Güneş'in ağırlığını ve ne kadar enerjiye sahip olduğunu hesaplayabiliriz. Öncelikle, Güneş'in tamamının helyuma dönüşmeyeceğini göz önünde bulundurun çünkü Güneş'in iç

kısının yalnızca yaklaşık yüzde 10'u, hidrojen atomlarını helyum oluşturmaya zorlayacak kadar sıcaktır. Bu yüzden Güneş'in merkezinde enerjiye dönüştürebilecek kütle miktarını bulmalı ve bunu Güneş'in parlaklığıyla, yani Güneş'in bir saniyede verdiği enerji ile karşılaştırmalıyız. Daha sonra Güneş'teki yakıtın ne kadar gideceğini saniye olarak hesaplayabiliriz. Tüm bu ölçümleri bir araya getirdiğimizde, Güneş'in yaklaşık on milyar yıl yaşayacağı sonucunu elde ederiz.

Daha sonra Dünya'ya düşen asteroitler üzerinde radyoaktif karbon tarihleme yöntemini* kullanarak Güneş'in oluştuğu andan itibaren yakıtını ne kadar süredir kullandığını hesaplayabiliriz. Bu asteroitler, Güneş'in ilk oluştuğu zamandan kalan önceki güneş sisteminin kalıntılarıdır. En eskileri yaklaşık beş milyar yaşındadır, bu nedenle Güneş'in ömrünün yaklaşık yarısının bitmiş olduğunu varsayabiliriz. Gezegenlerin oluşmasının yaklaşık yüz milyon yıl sürdüğünü ve ardından proto-Dünya'da yaşamın (en azından bakteriler gibi çok basit yaşam formlarının) gelişmesinin beş yüz milyon yıl daha aldığını düşünüyoruz. Ancak kendi gezegenimizi terk edecek kadar zeki bir yaşam geliştirmek ve dünya dışı yaşamı bulup bulamayacağımız sorusunu düşünmek için bu beş milyar yıla ihtiyacımız vardı.

Öyleyse bu, Güneş'in kütlesinin iki katının üzerindeki tüm yıldızları ortadan kaldırır çünkü bu yıldızların yakıtı, yaşamın gelişmesine olanak vermeden, çok

* Arkeolojik kazılarda içinde karbon elementi bulunan, çeşitli organik buluntuların radyoaktivitesinin ölçülerek hangi tarihe ait olduğunun tespit edilmesi yöntemidir. (ç.n.)

hızlı tükenir. Güneş'ten daha küçük ve daha soğuk bir yıldızınız olsaydı, yaşama uygun sıcaklıklara ulaşmak için yörüngedeki gezegenin yıldızda daha yakın olması gerekirdi. Ancak bir gezegen yıldızla yaklaştığında, atmosferinin kaynaması ve hatta yörüngesinin gelgitler halinde kilitlenmesi tehlikesi vardır. Örneğin Venüs'ü ele alalım: Bir günü, bir yılının iki katıdır. Yani bütün bir yıl boyunca gezegenin bir tarafı Güneş'in yoğun ısısı altında kavrulurken, diğer tarafı da bitmek bilmeyen gecede soğuktan donuyor.

Öyleyse belki de yaşama elverişli bir yıldızın yüz milyarda bir bulunduğunu söylemek doğru değildir; belki de daha çok, yeterince uzun süre yanacak, bir gezegeni tam olarak doğru konumda barındıracak, doğru büyüklükte olan trilyon yıldız arasından yalnızca biri yaşama uygundur. Bununla birlikte, Güneş'in Samanyolu'ndaki yerini de hesaba katmalıyız. Biz Samanyolu'nun sarmal uzantılarından birinin kenarındayız. Ne galaksinin kenarına ve galaksiler arası uzaya çok yakınız ne de fazla miktarda yüksek enerjili radyasyon üreten süper kütleli karadeliğimizin bulunduğu yoğun merkeze. Her iki durumda da radyasyon, galakside "Goldilocks bölgesinde" olmayan yıldızların etrafındaki gezegenlerde var olan tüm yaşam formlarını öldürecektir.

Ayrıca, akıllı yaşam formlarının hayatta kalması için gezegenin karbon zincirleri, su ve amino asitler gibi yaşam için gerekli moleküler yapı taşlarına sahip olması gerekir. Tüm bunlar, evrenin büyük demir ocaklarında üretilen karbon, oksijen ve nitrojen gibi

elementleri içeriyor: Güneş'ten daha büyük, parlak ve hızlı yanan ve sonunda süpernova dediğimiz bir süreçte dışarıya doğru patlayan yıldızlar. Süpernova sırasındaki nükleer füzyon tepkimesi, üç helyum atomunu karbona, dört helyum atomunu oksijene ve böylece tüm bu elementleri uzaya fırlatılarak demire dönüştürür. Öyleyse yıldız, evrenin ölü yıldız kalıntılarından olduğu bir bölümünde oluşmalıdır, böylece yaşam için gerekli olan karbon, oksijen ve nitrojen gibi elementler burada mevcut olacaktır. Belki de bu, yaşama elverişli yıldız bulma olasılığını yaklaşık katrilyonda bire getirir.

Bir yıldız oluştuğunda ve bu hayat veren unsurlardan bir gezegen oluştuğunda, yıldızın çok sıcak veya çok soğuk olmadığı bölgede yörüngeye girmesi gerekir. Sadece bu da değil, gezegenin orada kalması gerekmektedir. Bu size çok bariz gelebilir ancak yıldızların etrafındaki karmaşadan oluşan gezegenleri simüle ettiğimizde, gezegenlerin yıldızlara doğru hareket etmeye ve içe doğru göç etmeye yatkın olduklarını görürüz. Bu, tespit ettiğimiz tüm Jüpiter benzeri, sıcak ötegezegenlerin yıldızlarının etrafında nasıl oluştuğunu güzel bir şekilde açıklıyor. Aslında bu sıcak Jüpiterlerin Samanyolu'nun geri kalanında oldukça üretken olduğu düşünüldüğünde, Jüpiter'in Güneş'e Dünya'dan daha yakın değil de güneş sistemi-mizde şu an bulunduğu konumunda olması oldukça tuhaf. Yalnızca Satürn ile arasındaki etkileşim sayesinde içe, Güneş'e doğru göç etmesinin ve hareket ederken tüm diğer gezegenlerin dengesini bozmasının önüne geçilmiştir. Eğer bu gerçekleşmiş olsaydı, Dünya'nın yörüngesi

bozulabilirdi, bunun sonucu olarak ya bizi Güneş'in etrafındaki değerli yaşanabilir bölgeden uzaklaştırabilir ya da bizi güneş sisteminin dışına fırlatabilirdi. Öyleyse, bunun gerçekleşme ihtimalini kafamızdan tamamen atarsak, bu bizi bir kentilyonda bir yıldızla yaklaştırır mı?

Bu kadar büyük bir sayı (söz konusu; arkasından on sekiz adet 0 gelen 1 rakamı), “sadece” yüz milyar yıldızdan oluşan galaksimizde, başka bir gezegenin yaşama ev sahipliği yapabilme şansının çok zayıf olduğunu gösterir. Ancak Samanyolu, evrendeki tek galaksi değildir. Gökyüzünde baktığımız her yerde milyarlarca yıldızdan oluşan bu adaları görürüz. Dahası, hepsi farklı şekil ve boyutlardadır: spiraller, damlalar, yamuk yumuk olanlar ve hatta penguene benzeyenler. Evrendeki galaksi sayısını fiziksel olarak saymak neredeyse imkânsızdır çünkü birincisi çok fazla galaksi vardır, ikincisi hepsini bulduğumuzdan nasıl emin olabiliriz?

Ancak buna bir çeşit alt sınır koymak için, ünlü Hubble Uzay Teleskopu'nun (HUT) yaklaşık on yıl önce çektiği bir görüntüyü kullanabiliriz. Gökbilimciler, neler bulabileceklerini görmek için güney yarımküredeki Fornax takımyıldızında bilinen en karanlık gökyüzü parçasına bakmak için HUT'u kullanmaya karar verdiler. Gökyüzünün 2 x 2 ark dakika kare parçası olan bir görüntü aldılar. Ark dakika komik bir birimdir: Bir derecenin altmışta biridir ve bir ark saniye ise ark dakikanın altmışta biridir. Tüm gökyüzünün 360 derece olduğu düşünüldüğünde, bu çok küçük bir parça. Bu, gökyüzündeki dolunayın yüzde 5'i büyük-

lüğünde bir görüntüye denk gelir. Gökbilimciler bu küçücük karanlık gökyüzü parçasında ne bulacaklarını gerçekten bilmiyorlardı ancak bu parçanın görüntüsünde bulunan yıldız sayısı en son sayımda dört, galaksi sayısı ise yaklaşık beş bin olarak tespit edilmiştir. Yakındaki güzel sarmal galaksilerden, sadece tek bir piksel olarak algıladığımız uzak galaksilere kadar her şey buna dahildir.

Bu sayıyı alıp gökyüzünün geri kalanına uygularsak, evrende en az yüz milyar galaksi olduğunu tahmin edebiliriz. Bu görüntünün gökyüzünün en karanlık parçasından çekildiğini unutmayın, dolayısıyla diğer bölgelerde daha da fazla galaksi görmeliyiz (ve ayrıca bizim göremeyeceğimiz kadar soluk olan tüm galaksileri de). Bu sayının sonuna iki 0 daha eklenmesi oldukça olasıdır. Öyleyse tahminimizi trilyonlarca galaksiye çıkaralım. Sadece bu da değil, diyelim ki bu galaksilerin her biri kabaca yüz milyar yıldız içeriyor, o hâlde belki de en az yüz sekstilyon yıldız olduğunu tahmin edebiliriz. Bu, evrende 100.000.000.000.000.000.000.000 yıldız karşılık gelir. Öyleyse, bir kentilyon yıldızdan biri yaşam geliştirebiliyorsa ve evrende en az yüz sekstilyon yıldız varsa, o zaman uzayda zeki yaşam geliştirmek için doğru koşullara sahip olabilecek yüz bin gezegen olabilir.

İnsanlar bana –bu sayıları bilen ve her zaman bunlar üzerine düşünen bir astrofizikçi olarak– tüm bunlardan nasıl bunalmadığımı sık sık soruyor. Tüm bunların akıl almaz büyüklüğü ve buna karşın evrendeki yerimizin önemsizliği karşısında tamamen anksiyeteye

yenik düşmeden gökyüzünü nasıl izleyebiliyorum? Birincisi, günlük yaşamda – masanızda oturup karmaşık hesaplar yaparken, ofiste, evde ya da trende– durup bunu düşünmeye zaman yoktur. Ancak Samanyolu tepede kocaman bir yıldız yay şeklinde uzanırken, gece gökyüzünün ihtişamına baktığımda endişeli hissetmiyorum. Kendimi sınırsız hissediyorum. Sanki orada sonsuz olasılıklar varmış gibi ve ben bunlardan herhangi birinin parçası olabilirim. Bu büyüklük beni korkutmuyor, aksine heyecanlandırıyor. Tıpkı dünyayı görmek ve küçük kasabasını terk etmek için yanıp tutuşan, iyi bir macera romanının başkahramanı gibi. Gökyüzüne baktığımda ve oradaki yıldızların sayısını düşündüğümde, hayat oyununda kartları iyi gelen tek gezegen olamayacağımız sonucunu çıkarmaktan ve heyecanlanmaktan kendimi alamıyorum.



**“Tavuk mu Yumurtadan,
Yumurta mı Tavuktan” Sorusu**

Hangisi daha önce oldu: Tavuk mu yumurtadan, yumurta mı tavuktan çıktı? Darwin'in evrim teorisi, bu soruyu kesin olarak yanıtlamamıza olanak sağladı: Önce yumurta oluştu. Yumurta, henüz tavuk olmayan iki kuş tarafından yaratıldı. Ancak astronominin çok daha heyecan verici bir sorusu var: Hangisi daha önce oluştu, galaksi mi yoksa karadelik mi?

Söylediğim gibi, her galaksinin merkezinde tüm yıldız sisteminin çekimsel gücünü kontrol eden, süper kütleli bir karadelik olduğunu düşünüyoruz. Öyleyse ilk önce karadelik, sonra da bu yerçekimi kuvvetinin etrafında yıldız galaksisi meydana geldi diyebilir miyiz? Yoksa yıldız galaksisi, bir yıldızın süpernovaya dönüşerek galaksinin en ağır nesnesi hâline geldiği için merkeze doğru çökene kadar devamlı büyüyen küçük bir karadelik oluşturmasıyla daha önce mi oluştu?

Tüm bunlar, Büyük Patlama'yla oluşan evrenin ilk hâlinde gerçekleşmiş olacağından, cevaplanması imkânsız bir soru gibi görünebilir. Ama bunu denemek ve çözmek için erken evrendeki galaksileri ve Büyük Patlama'dan kalan ipuçlarını gözlemleyebiliriz. Büyük Patlama'dan hemen sonra, evren ve uzayın kendisi çok daha küçüktü, bu yüzden tüm madde çok daha küçük bir hacme yoğunlaştı. Dolayısıyla küçük sınırlar içinde gerçekleşen parçacıklar arasındaki çarpışmaların da katkısıyla çok daha yoğun ve enerjikti.

Bu, Büyük Patlama sırasında ortaya çıkan bu büyük parçacık karmaşasının da çok sıcak olduğu anlamına gelir. Öyle bir sıcaklıktı ki, protonlar ancak Büyük Patlama'dan bir saniye sonra oluştu. Bu süre kulağa çok uzun gelmese de, aslında bu zaman diliminde çok şey oldu.

Daha da küçük kuark parçacıklarından proton oluşmadan önce, evren hızla havayla doldu, öyle ki saniyenin bir milyar septilyonunda evren, boyutunun yüz septilyonda birine kadar genişledi. Bu, “enflasyon” dediğimiz bir fenomendir. Bu genişleme evrenimizin şimdiye kadar yaşadığı en büyük genişleme oranıdır ve bunun için inanılmaz derecede minnettar olmalıyız çünkü bu, ilk yıldızların ve galaksilerin oluşabileceği anlamına geliyordu. Enflasyondan önce, az sayıdaki normal ve karanlık madde parçacıkları yerçekimi altında bir araya toplanırdı, bu da bazı alanlarda biraz daha fazla parçacık bulunduğu ve bazılarında ise daha az parçacık olduğu anlamına geliyordu. Enflasyonun meydana geldiği dönemde, bir kısmı biraz daha yüksek yoğunluğa ve diğer kısmı daha düşük yoğunluğa sahip bu alanlar tüm evrene dağıtılmıştır. Evrenimizin baktığımız her yönden benzer görünmesinin temel nedenlerinden biri budur.

Evren, protonların ve nötronların oluşması için yeterince soğuduğunda ve uzay da elektronları yörüngelerine bağlayarak hidrojen ve helyum atomlarının oluşmalarına olanak verecek kadar genişlediğinde, Büyük Patlama'nın üzerinden yaklaşık 380.000 yıl geçmişti. Enflasyon nedeniyle hidrojen ve helyum

gibi elementlerin, daha yoğun alanlarda daha fazla ve daha az yoğun alanlarda daha az oluşması anlamına geliyordu. Bu, yeni oluşan bu büyük hidrojen gazı bulutlarının, ilk yıldızları oluşturmak için yerçekimi altında soğumaya ve çökmeye başlayabileceği anlamına geliyordu, bu sürecin 150 milyon yıl kadar sürdüğünü tahmin ediyoruz. Bu daha yüksek yoğunluklu alanların varlığı, uzayın belirli bölgelerinde daha fazla yıldızın oluştuğu anlamına geliyordu, bunun bir sonucu olarak bu yıldızlar, yerçekimi altında bir araya gelerek ilk galaksileri oluşturdular.

Peki, bu yeni oluşan galaksilerin merkezinde süper kütleli bir karadeliik nasıl elde ederiz? Dev bir yıldızın süpernovaya dönüşmesini bekleyebiliriz. Belki de bu yıldız, Güneş'ten yüz kat daha ağır olan, yakıtı bittiğinde patlayan, içindeki maddeleri uzaya fırlatan ve geriye kalan çekirdeğinin kendi yerçekimi altında çökerek Güneş'in kütesinin yaklaşık on katı olan bir karadeliğe dönüşen bir yıldız olabilir. Bu durumda karadeliik, sonrasında daha da büyümek için süpernova sırasında uzaya fırlatılan maddeleri bir araya getirebilir.

Bunun gibi süpernovaya dönüşen, çekirdeklerinin bir karadeliğe çökmesine olanak sağlayacak kadar büyük olmayan iki küçük yıldız da bahsettiğimiz süper kütleli karadeliği oluşturmuş olabilir. Bu durumda ikisi de bir nötron yıldızına dönüşeceklerdir ki bu, bildiğimiz kadarıyla maddenin olabileceği en yoğun hâlidir: olabilecek en sıkı şekilde paketlenmiş bir kristalin içinde mükemmel bir şekilde dizilmiş nötronlar. Bu

nötron yıldızlarından ikisi birleşirse, bir karadeliğe elde edersiniz. Yine de bir kez daha belirtecek olursak, karadeliğin bölgesine varmadan önce yıldızların oluşması, yaşaması ve ölmesi gerekir. Ve o zaman bile, oluşan karadelikler Güneş'ten yalnızca yaklaşık on kat daha ağır olacaktır*. Güneş'in kütesinin en az bir milyon katı olduklarında süper kütleli oranlara ulaşmak için o noktadan büyümeleri gerekecekti.

Madde oradaysa, hepsini aynı anda birleştirebilmeleri gerektiğini düşünebilirsiniz, ancak bu fiziksel olarak mümkün değildir. Birikim oranı, "Eddington üst sınırı" dediğimiz şeyle sınırlanmıştır. Bunun nedeni; madde bir karadeliğin etrafında dönerken, sürtünme nedeniyle ısındıkça ve parlamaya başladıkça etrafındaki basıncın artmasıdır. Verilen ışığın enerjisi çok yüksektir, bu nedenle başka bir maddeye çarptığında yarattığı etki, maddeyi karadeliğinden uzaklaştıran kuvvetli bir rüzgâr gibidir. Dolayısıyla karadeliğin çok fazla madde biriktirmesini engeller. Bu, bir karadeliğin ulaşabileceği maksimum büyüme hızında Güneş'in kütesinin 800 milyon katına, yaklaşık 800 milyon yılda ulaştığı anlamına gelir. Şimdiye kadar gördüğümüz, bizden en uzakta büyüyen süper kütleli karadeliğin kütlesi, Güneş'in 800 milyon katıdır ve bu karadeliğinden geldiğini tespit ettiğimiz ışık, Büyük Patlama'dan 800 milyon yıl sonra dışarı yayılmıştır.

* Yıldızların ulaşabileceği büyüklüğün bir sınırı vardır çünkü bir saniyede yalnızca sürekli içe doğru olan yerçekimi etkisine karşı koymaya yetecek kadar yakıt yakabilirler. Yıldız ne kadar ağırsa, yüksek yerçekimine karşı koymak için yakıtı o kadar hızlı yakması gerekir. Bu da nihayetinde yıldızın artık çekirdeğinden oluşan karadeliğin de ilk oluştuğu anda sınırlı bir kütleyle sahip olacağı anlamına gelir.

Süper kütleli bir karadeliik, bir süpernovayı bekle-yerek ve ardından mümkün olduğu kadar uzun süre maksimum hızda büyüyerek bu şekilde oluşabilirken, yeni oluşan evrenimizin Büyük Patlama'dan sonra yıl-dızların oluşmasına olanak verecek kadar soğuması 150 milyon yıl aldı. Yine de bir yıldızın süpernovaya dönüşmesi için yaşaması ve sonra yakıtının bitmesi ge-rekir ki bu da 10 milyon yıl kadar sürer. Bu da süper kütleli karadeliğimizi 800 milyon yılda değil, 640 mil-yon yılda oluşturmamız gerektiğı anlamına gelir. Da-hası, bu tahmin, karadeliğin başından beri maksimum hızda birikeceğini varsayar ki bu pek olası değildir. Karadeliikler ne kadar madde biriktirirse, bu maddeler bir o kadar ısınır ve maddeyi karadeliikten iten basınç da o kadar artar. Böylece maksimum hızda biriktirme-ye başladığında, karadeliik tam anlamıyla kendi kuyu-sunu kazmış olur. Bu durumda düzensiz bir birikim elde etmiş olursunuz, burada maksimum hızda madde biriktirdiğı bir dönem vardır ve ardından karadeliğin etrafındaki gazın yeniden dağılmayı başlatmak için yeterince soğuduğıu sakın bir dönem gelir.

Alternatif olarak, bir karadeliik diğeri karadeliiklerle birleşerek büyüyebilir. Samanyolu'ndaki karadeliikle-rin birleşmesinden kaynaklanan yerçekimi dalgalarını tespit ettiğimizi unutmayın, bu yüzden bunun kesin-likle mümkün olduğunu biliyoruz. Karadeliğin her zaman aynı kütlede başka bir karadeliikle birleştiğini varsayarak kaç tane birleşmeye ihtiyaç olduğunu he-saplayabiliriz. Karadeliik, her birleşme ile kütesini et-kili bir şekilde ikiye katlayacaktır. Ancak süper kütleli

seviyelere ulaşmak için gereken birleşme sayısı, çok kısa bir süre içinde çok yüksek olacaktır. Bu kadar hızlı bir şekilde bu kadar çok karadeligi bir araya getirseydiniz, çok yüksek hızlarda birbirlerinin etrafında dönen büyük bir karadelik sürüsüyle karşılaşmışdınız ve bu, her birinin yörüngesini bozarak bazılarını çekim etkili manevrayla sürüden fırlatırdı, dolayısıyla onlar da asla birleşemezdi. Bu birleşme sürecindeki yerçekimi kuvvetleri, karadelğin biriktirebileceği maddeyi de bozarak, birikme ve birleşmenin süper kütleli bir karadelik oluşturmak için birlikte çalışacağı olasılığını ortadan kaldırırdı. Bu hâlâ astrofizikçilerin kafasını karıştıran bir sorundur: Süper kütleli karadelikler erken evrende nasıl bu kadar fazla ve bu kadar hızlı büyüyor?

Önerilen başka bir teori daha var ama henüz herkes bu teoriye ikna olmuş değil. Bu teoride savunulan şey; doğrudan çökmeye oluşan karadeliklerin kütlelerinin, erken evrende büyük hidrojen gazı bulutlarından oluşan Güneş'ten on bin kat daha büyük olabileceğidir. Erken evrende bu büyük gaz bulutlarından ikisinin yan yana olduğunu ve bunlardan birinin soğuyup yerçekimi altında çökmeyi başararak diğerinden önce yıldız oluşturmaya başladığını hayal edin. Bu yıldızlardan gelen enerji ve ışık, yakın gaz bulutundaki gazı ısıtacak ve yıldız oluşturmak üzere soğumasını engelleyecektir. Burası aynı zamanda evrenin en yoğun bölümlerinden biridir, bu yüzden kendisine başka yerlerden daha fazla gaz ve karanlık madde çekecek ve onu daha da ağır hâle getirecektir. Hava ağırlaşırken,

gazdaki parçacıkların tek bir yerde çöküp yıldız oluşturacak kadar uzun süre kalmasına yetecek kadar soğuk değildir. Nihayetinde buluttaki hem normal hem de karanlık madde miktarı fazlasıyla büyür ve her şey yerçekimi altında bir karadelik oluşturmak için çöker.

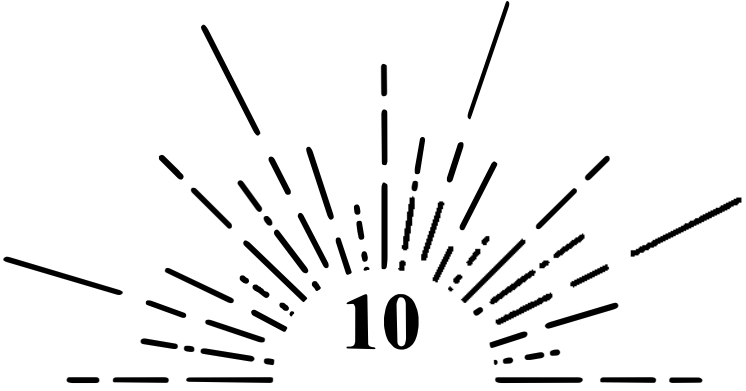
O hâlde bu, yıldızların etrafında oluşacağı ve sonra yörüngede dönerek bir galaksi oluşturacağı, evrenin daha yoğun bölgesindeki en ağır şeydir. Bu senaryoda, önce karadelik oluşur ve ilk oluşan galaksi ve sonunda merkeze çöken bir karadelik yerine, başından beri galaksinin merkezindedir. Tavuk ve yumurta cevabımıza benzer şekilde bu, ilk önce karadeliliğin henüz galaksi olmayan iki nesne tarafından yaratıldığı anlamına gelmektedir.

Kuramcılar bilgisayarlarda erken evreni simüle ettiklerinde, bu doğrudan çökerek oluşan karadelik sürecini dahil ederlerse, en uzak galaksiler ve onların büyüyen süper kütleli karadelikleri hakkındaki gözlemlerimiz için iyi bir eşleşme elde etmelerine olanak tanıdığını anlarlar. Bu kuramcılarını ikna etse de ben bir gözlemci olduğum için yeterince tatmin olmuyorum; Bu öküşü gözlemeleme şansımız olup olmadığını bilmek istiyorum. Neyse ki, bazı gökbilimciler oldukça iyi bir aday bulduklarını düşünüyor. Bizden 215 milyar ışık yılı uzaklıkta Hubble Uzay Teleskopu ile bulunan, Cosmic Redshift 7* (CR7) olarak adlandırılan bir nesne. Bu mesafe bize, nesneden gelen ışığın, evren henüz 800 milyon yaşındayken yayıldığını söyler. Nesnedeki

* Kozmik kırmızıya kayma. (.n.)

elementlerin karakteristik özelliklerini gösteren spektrumunu elde etmek için ışığı bir prizmadan geçirdiğimizde, hidrojenen çok daha yüksek enerji emisyonu olduğunu, ancak yıldızlarla ilişkilendirdiğimiz özelliklerin neredeyse hiçbirini bulmadığımızı görürüz. Hidrojen emisyonu da emisyonun geri kalanından daha kırmızıya kaymış, bu da CR7’de ağır bir şeyin etrafında döndüğünü gösteriyor. Tüm bu veriler, bu nesnenin büyüyen bir süper kütleli karadeliği olabileceğini ancak henüz hiçbir yıldız oluşmadığını gösteriyor.

Bu nesnelerden daha fazlasını bulmak, kilit nokta olacaktır ancak bunun pek de kolay bir iş olduğu söylenemez. Sorun şu ki, evrendeki nesneler ne kadar uzaklaşırsa süper kütleli karadelik faaliyetini ve yıldız oluşumunu izlemek için kullandığımız biyolojik imzalar o kadar kırmızıya kayıyor ki onları artık görünür ışıkla göremez hâle geliyoruz. Başka bir deyişle, Hubble Uzay Teleskopu, daha uzağı göremez hâle gelene kadar. NASA ve Avrupa Uzay Ajansı’nın (ESA), James Webb Uzay Teleskopu adlı teleskopu uzaya fırlatıp 2021 yılına kadar yeni bir uzay görevi başlatmaya dair planları olması takdir edilesi. Bu teleskop, uzayı kızılötesi ışınla tarayarak daha uzak nesnelerden gelen ışığı, bu ışık görünür dalga boylarından kızılötesine doğru kayarken görmemizi sağlayacaktır. James Webb için riskler ve beklentiler, asırlık sorunun astrofizikteki karşılığını nihayetinde çözüme kavuşturma heyecanını hesaba katmadan da oldukça yüksek –Hangisi daha önce oldu: Tavuk mu yumurtadan, yumurta mı tavuktan çıktı?



**Bildiğimizden Fazlasını
Bilmiyoruz**

Bildiklerimiz ve bilmediklerimiz üzerine popüler bir düşünme şekli vardır. İlk olarak bilinen bilinenler var: bildiğimizi bildiğimiz şeyler mesela Dünya'nın yuvarlak olduğu, diğer yıldızların etrafında gezegenler olduğu, evrenin genişlediği gibi. Sonra bilmediğimizi bildiğimiz şeyler var: bilinen bilinmeyenler. Karanlık maddenin neyden oluştuğunu, maddenin karadeliklerde hangi formda olduğunu veya doğrudan çökerek oluşan karadeliklerin varlığının mümkün olup olmadığını bilmiyoruz. Bir de bilinmeyen bilinmeyenler vardır: bilmediğimizi bilmediğimiz şeyler. Geçmişe dönüp baktığımızda bunlara bazı örnekler görüyoruz: Marie Curie'nin uranyum deneylerinden sonra radyo-aktivitenin keşfi veya Franklin'in elektriği keşfetmesi. Neyse ki, gelecekte dünyadaki yaşamı bir kez daha değiştirecek keşifleri dört gözle beklerken, şu anda bil-mediklerimizin farkında olmadan yaşayabiliriz.

Benim açık ara en sevdiğim kategori, dördüncüsü: bilinmeyen bilinenler. Bunlar bildiğimizi bilmediğimiz şeylerdir. Bu kategori beni kesinlikle büyülüyor. Anlamak için gereken bilgi veya araçlara halihazırda sahip olduğumuz ama henüz bilmediğimiz şeyler nelerdir? Örneğin, galaksilerin Samanyolu'nun dışında ayrı yıldız adaları olduğunu bilmeden önce, 1771'de Messier adlı titiz bir adam, gökyüzünde yıldız olmayan tüm bulanık şeyleri sınıflandırdı. Son derece ayrıntılı listesindeki 58.

cisim, aslında 68 milyon ışık yılı uzaklıktaki bir galaksiydi. Bu, o sırada evrende gözlemlenen en uzak cisimdi, yalnızca Messier bunu bilmiyordu.

Bilinmeyen bilinenlerin bir başka güzel örneği de Steve'dir. Steve, tüm insan bilgisinin sadece bir tıkla ulaşılabilir olduğu modern dünyada hepimiz için bir ders niteliğindedir. Alberta Aurora Chasers adlı bir grup amatör gökbilimci ve hevesli astrofotografçı, 2015 ve 2016 yılları boyunca, gökyüzünde Kuzey Işıkları'nın daha önce görmedikleri ilginç bir türünün görüntülerini çekiyordu. Bu ışık, gökyüzünde Doğu'dan Batı'ya uzanan, uzun, beyaz-mor bir çizgiydi. Bunun parıldayan yeşil ve pembe şeritlerden oluşan normal bir kutup ışığı olmadığı açıktı; bu tür kutup ışıklarına, atmosferdeki elementlerle enerji alışverişinin gerçekleştiği kutuplara Dünya'nın manyetik alanı tarafından aktarılan, bir güneş rüzgârında Güneş tarafından püskürtülen yüksek enerjili elektronlar neden olur ve bu da onların parlamasını sağlar. Alberta Aurora Chasers grubu bu ışık çizgisinin güneş rüzgârındaki Dünya'ya çarpan elektronlardan ziyade yüksek enerjili protonlardan kaynaklanan, farklı bir kutup ışığı türü olması gerektiğine karar verdi. Böylece gökyüzündeki bu çizgileri proton yayları olarak adlandırmaya devam ettiler.

Daha sonra, Kutup Işıkları üzerine gerçekleşen bir konferansta bu görüntülerden bazılarını profesyonel bir gökbilimciye gösterdiler. Bu uzman, yirmi yıl kutup ışıkları üzerinde çalışmış olmasına rağmen grubun ona gösterdiği görüntülerdekine benzer çizgiler görme-

miş olan Eric Donovan'dı. Hemen bunun bir proton yayı olamayacağını söyledi çünkü protonların neden olduğu kutup ışıkları görünür ışık yaymaz, yani onları gözle göremeyiz. Bu nedenle Alberta Aurora Chasers grubu, bu tuhaf çizgileri Steve olarak adlandırdı; bu noktada karakterlerinin korktukları veya anlamadıkları şeyleri Steve olarak adlandırdığı animasyon filmi *Orman Çetesi*'nden ilham aldılar.

Uzmanlar Steve'i daha detaylı araştırdıkça, bunun hiç de nadir bir fenomen olmadığını ve aslında tipik Kuzey Işıkları'ndan daha güneyde görülebileceğini keşfettiler. Sorun şu ki, Steve'i inceleyen uzmanlar bunu, kutup ışıklarının Kanada'da ne zaman ortaya çıktığını tespit etmek için yalnızca iki gökyüzü kamerasıyla yapıyorlardı. Şans eseri, uydu verileri yardımıyla bir Steve üzerinde çalışma fırsatı hiç bulamamışlardı. Bir Steve'in ne olduğunu ve gökyüzünde ortaya çıkmasına neyin neden olduğunu hâlâ tam olarak anlamıyoruz ancak dünyanın dört bir yanından vatandaş bilim insanlarının gökyüzünde bir Steve gördüklerinde haber vererek yardımcı olacakları umuduyla araştırmalar devam ediyor.* Bu hikâyeyi, öncelikle sıradan birinin de bilimsel bir keşif yapabileceğini gösterdiği için ama aynı zamanda bize her şeyi zaten bildiğimizi varsaymamamız gerektiğini öğrettiği için seviyorum. Alberta Aurora Chasers'ın vatandaş bilim insanları, Steve'i gökyüzünde gördükten sonra bunun bilinen bir fenomen olduğunu varsaydılar. Belki siz okuyucular da onu gördünüz ve aynı şeyi düşündünüz. Bu hepimi-

* Aurora-saurus.org sitesini ziyaret ederek NASA'nın kutup ışıklarını raporlama projesine bir göz atın.

zin düşebileceği bir tuzak: 21. yüzyılda her şeyin zaten bilindiğini ve muhtemelen internette bir yerde belgelendiğini varsaymak. Öğrenmek hep devam eden bir süreçtir ve kesinlikle sınıftan çıktığınızda bitmez.

Bilinmeyen bilinenlerle ilgili bir başka klasik hikâye ve “uzmanlardan” ziyade vatandaş bilim insanlarından gelen bilimsel bir keşfin başka bir örneği, Hanny’nin Nesnesi hikâyesidir. 2007’de gökbilimciler halkı, bir milyondan fazla galaksi görüntüsünün şekillerini sınıflandırmaya yardım etmeye çağıran Galaxy Zoo adlı bir web sitesi kurdular. Bu proje çok başarılı oldu ve dünya çapında 300.000’den fazla insan* bu son teknoloji bilime yardımcı olmak için projeye dahil oldu. Bu görüntüler, bundan önce bir bilgisayarın sabit diskinde duruyordu çünkü dünyada bu kadar çok veriyi kendi başlarına incelemek için yeterli sayıda uzman bulunmuyordu. Siteye giriş yapan herhangi birinin, galaksinin görüntüsünü gören ilk insan olma şansı vardı (Büyük Veri bu anlamda tehlikelidir; Büyük Veri bu günlerde bilimin çoğu alanında kullanımı yaygınlaşan bir terimdir, samanlıkta aranan iğnelerin bulunamamasıyla sonuçlanabilir).

Galaxy Zoo projesindeki gönüllülerden biri, Hanny van Arkel adında Hollandalı bir öğretmendi. Galaksilerin şekillerini sınıflandırırken, galaksinin altında bulunan mavi bir lekenin olduğu bir görüntüyle karşılaştı. Bu konudaki merakı onu, internet sitesinin forumunda bu görüntüyü işaretleyip ne olduğunu sormaya itti.

* galaxyzoo.org hâlâ aktif ve insanların sınıflandırmaya devam etmesi gerekiyor. Gökbilimciler olarak gökyüzünün fotoğraflarını çekmeyi asla bırakmayız, bu yüzden onları gözden geçirmek için her zaman yardıma ihtiyacımız olacak.

Galaxy Zoo ekibinin uzmanları şaşkına döndü. Daha önce hiç böyle bir şey görmemişlerdi. Bunun gerçek bir cisim olup olmadığını ya da görüntüyü yakalarken ters giden bir şey olup olmadığını bilmiyorlardı. Eğer gerçekse, bizim Samanyolumuzda ön planda mı yoksa galaksi ile aynı mesafede mi veya görüntüdeki galaksinin arkasında arka planda mı olduğunu bilmiyorlardı.

İlk iş bunun gerçek olduğunu doğrulamaktı ki öyle olduğu anlaşıldı ve sonra hem galaksiden hem de mavi lekeden gelen ışık spektrumunun kırmızıya kaymasını kullanarak mesafe tahmin edilmeliydi. İki nesnenin kırmızıya kaymaları aynıydı ve böylece ekip, galaksi ve lekenin birbirleriyle aynı mesafede olduğunu anladı. Lekenin Hubble Uzay Teleskopu görüntüsü, onun oksijen açısından çok zengin, karmaşık bir yapıya sahip bir gaz bulutu olduğunu ortaya çıkardı, dolayısıyla orijinal görüntüdeki mavi parıltı da bundan kaynaklanıyordu. Karmaşık yapılı parlayan bir gaz bulutunun, uzayda bir galaksinin dışında görülmesi oldukça garip bir şeydir. Özellikle oksijenin parlaması için çok fazla enerji gerektiğinden, oksijen nedeniyle parlayan bir tanesinin bulunma ihtimali çok nadirdir.

Bilim ekibi nihayetinde görüntüdeki galaksinin yörüngesinde, ona eşlik eden çok daha küçük bir galaksinin döndüğünü ortaya çıkardı. Bu galaksi, büyük olanı arkada bırakarak geçmiş ve daha büyük olan galaksiyle yerçekimsel bir etkileşime girmişti. Bu etkileşimde rol oynayan kuvvetler, uzun bir gelgit kuyruğundaki yoldaş galakside bulunan gazı söküp aldı. Büyük olan galaksi de bu yerçekimi kuvvetlerinden

etkilendi ve galaksinin merkezini bozarak maddenin süper kütleli karadeliğe doğru çökmesine neden oldu. Bu karadelik çok açgözlüydü ve maddenin bir kısmını, neredeyse ışık hızıyla hareket eden, dev püskürtmelerle daha büyük galaksiden atmak zorunda kaldı. Bu püskürtmeler, daha küçük galaksiden çıkarılan gaza çarptı ve içindeki oksijenin parlamasına neden oldu. Ancak bu noktaya gelindiğinde, galaksinin merkezindeki süper kütleli karadelik artık aktif olarak büyümüyordu, bu yüzden orada olduğunu göremedik. Buna kuasar ışığının iyonlaşma yankısı diyoruz, yankı dememizin sebebi; bize süper kütleli karadeliğin bir zamanlar aktif olduğunu ancak artık öyle olmadığını göstermesidir.

Harika olan şey, Galaxy Zoo'daki gönüllüler, görüntülerde bulanık mavi lekeler arandığını öğrenir öğrenmez bir milyon görüntüden oluşan orijinal sette yaklaşık kırk tane daha buldular. Bu, uzmanların uzaklara gidip üzerinde çalışabilecekleri bir örneğe sahip oldukları anlamına geliyordu. Bunların hiçbiri, tek bir kişinin merakı olmasaydı keşfedilemezdi: Hanny. Cismi forumda yayınladıktan sonra ne olduğunu sordu, diğer kullanıcılar ondan “Hanny’nin Nesnesi” diye söz etmeye başladı. Dolayısıyla, bu kuasar ışığının iyonlaşma yankıları artık astronomik dergi makalelerinde yaygın olarak *voorwerpjes* olarak biliniyor. Bu özünde harika bir kelime, gökbilimsel kuasarlar ve kuarklar sözlüğüne cuk oturuyor. Ancak *voorwerp* kelimesinin doğrudan çevirisi “şey”dir ki muhtemelen bu hikâyeyeyle ilgili en sevdiğim şey bu.

Gördüğü tuhaf *voorwerp* hakkındaki soruyu ilk sorduğunda Hanny'nin bilmediği şey, bu sorunun hangi sonuca yol açacağıydı. Meraka dayalı bilimsel araştırma* dediğimiz bir şey. Bir hastalığın tedavisi veya bir soruna çözüm gibi, bir şeye duyulan ihtiyaçtan değil, yalnızca deney yapmak uğruna, deneysellikle yürütülen bir araştırma türüdür.

Toplu vergi mükellefleri “Gökbilimciler bizim için şimdiye kadar ne yaptı?!” isyanıyla karşımıza çıktığında, genellikle gökbilimi araştırmalarını böyle temize çıkarırız: Evrendeki yerimizle ilgili sorular sormak insanlığa nasıl fayda sağlar? Bana göre doyurucu merak, herhangi bir cevap kadar makuldür ancak çoğu zaman kolektif insan bilgisi veya teknolojisinde paha biçilmez olan, başka öngörülemeyen ilerlemeler vardır. Evrenin daha belirsiz yerlerini ve daha ileriye görmemiz için geliştirilen görüntüleme teknikleri ve kameralar, artık bir dizi rahatsızlığı teşhis etmek için tıbbi görüntüleme tarayıcılarında uygulanıyor. Artık herkesin cebinde taşıdığı mobil cihazlarda kullanılan fotoğraf plakalarının yerini almak için icat edilen dijital detektörler, ilk olarak gökbilimcilere bir nesnenin ne kadar parlak göründüğünü, hatasız ölçmenin yollarını vermek için geliştirildi. Cebimizde barınan bu cihazlar aynı zamanda, veri aktarım kapasitelerini iyileştirmeye ihtiyaç duyan radyo astronomları tarafından geliştirilen Wi-Fi sinyallerini artırmak ve iyileştirmek için kullanılan yöntemlerden de yararlanıyor. Bunlar hepimizin, yokluğunda yaşamın epey zor olacağını söylemekten çekinmeyeceği teknolojik gelişmelerdir.

* (İng.) blue sky research. (e.n.)

Bu nedenle, bu kitapta ele alınan konular dünyevi ve gündelik kapsamın ötesinde görünse de sorulan sorulara cevap bulma çabası günlük hayatımızı düşündüğümüzden çok zenginleştirdi. Artık her şeyin bilindiğini ve uzayı anlama arayışımıza son vermemiz gerektiğini varsaymamız, tembellik olur. Hâlâ bildiğimizden daha fazla bilmediğimiz şey var. Ve bu, evimiz olarak benimsediğimiz evren hakkında daha fazla bilgi ve anlama yetisi kazanma ayrıcalığını dört gözle bekleyebileceğimiz anlamına geliyor.

Yetişkin olma sürecinde bir şekilde kaybettiğimiz, doğuştan gelen bir sorgulama duygusuna sahibizdir. Belki de hepimiz yirmi birinci yüzyıl hayatının telaşlı temposundan biraz uzaklaşıp, gece gökyüzüne bakıp bilmediğimiz şeyler üzerine düşünürsek, içimizdeki o doğal çocuksu merakı bir kez daha besleyebiliriz. Çünkü bilimin gerçek itici gücü, meraktır. O olmadan, evrenin gerçek ihtişamını, karmaşasını ve gizemini asla anlayamayız.

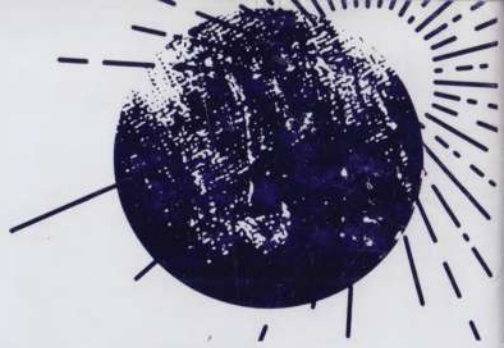
Teşekkür

İki yıl önce, kendimden emin bir şekilde asla kitap yazmayacağımı söylediğimi duymanız mümkündü: Nasıl oluyor da insanlar oturup bir kitap yazacak sabrı kendilerinde buluyordu?

Kısmen beni engelleyen şey; lisedeki İngilizce öğretmenimin iyi bir yazar olmadığımı ya da en azından konuştuğum gibi yazdığımı söylemesiydi. Konuştuğunuz gibi yazmak, popüler bir bilim kitabı için aslında iyi bir şey olabilir. Farkına varmadığım şey, bir kitap yazdığınızda, yazdıklarınızın kulağa harika gelmesine yardımcı olacak editörlerle çalışmak isteyeceğinizdi. O halde Orion'dan Emily, Anne ve Jennifer'a, rasgele bilimsel sözcük yığınınından oluşan bu kitabı, zarif ve özlü bir şeye dönüştürdüğünüz için ve bir de kitabı yazarken sürekli kendini gösteren "sadece" sözcüğüyle aramdaki romantik ilişkiye saygı duyduğunuz için sizlere teşekkür ederim. Bu kitaptaki tüm bilgileri, gerçekten harika insanlardan aldığım, yıllarca süren eğitimim süresince biriktirdim. Öncelikle, bana bilimin doğru soruları sormaktan ibaret olduğunu ve gözlemlerin asla

sıralara gömülmemesi gerektiğini öğreten tez danışmanım Chris'e ve birlikte doktora sonrası eğitimi aldığım samimi arkadaşım (o artık başarılı bir öğretim görevlisi!) Brooke'a teşekkür ederim. Bana hata yapmanın, öğrenmeye çıkan yol olduğunu öğreten danışmanım Russell'a şükranlarımı sunuyorum. Okuldaki tüm öğretmenlerime; özellikle bana matematiğin ve fiziğin temellerini öğreten Bayan Kyle, Bayan McCann ve Bay West'e teşekkür ederim. Ve hazır teşekkürlerimi yazıyorken, sınıf öğretmenim Bayan Dean'e meraklı (ve kabul etmek gerekir ki, sinir bozucu) bir çocuğu sınıfa aldığı ve onun merakını bastırmak yerine, beslediği için teşekkür ederim. Hepiniz bilmelisiniz ki, yaptığım her şeyde sizlerin omuzlarında yükseliyorum. An-neme, babama ve kız kardeşime bana farklı olmayı, adımlarımı sağlam basmayı ve hayal kurmaya cesaret etmeyi öğrettikleri için teşekkür ederim.

Ve son olarak, bana *her koşulda* gülmeyi öğrettiği için Sam'e...



“Yetişkin olma sürecinde bir şekilde kaybettiğimiz, doğuştan gelen bir sorgulama duygusuna sahibizdir. Belki de hepimiz yirmi birinci yüzyıl hayatının telaşlı temposundan biraz uzaklaşıp, gece gökyüzüne bakıp bilmediğimiz şeyler üzerine düşünersek içimizdeki o doğal, çocuksu merakı bir kez daha besleyebiliriz. Çünkü bilimin gerçek itici gücü meraktır. O olmadan, evrenin gerçek ihtişamını, karmaşasını ve gizemini asla anlayamayız.”

Galaksiler ve karadeliklerin birlikte nasıl evrimleştiğini bulmak üzere çıktığı yolda Dr. Becky Smethurst, elinizde tuttuğunuz bu kitapla uzayın derinliklerine, karadeliklerin kısa tarihine ve hatta Steve'e kadar birçok konuya ışık tutmakla kalmıyor, uzun zamandır ihmal ettiğimiz içimizdeki çocuğu merak ve hayretle besliyor.

Yıldızların nasıl parladığını, gece gökyüzünün neden karanlık olduğunu, insanlığın peşini bırakmayan “tavuk mu yumurtadan, yumurta mı tavuktan” sorusunun kozmik cevabını merak ediyorsanız bu kitap tam size göre!



www.epsilonyayinevi.com



online alışveriş: kitap365.com

KDV'den
muafır.

