

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

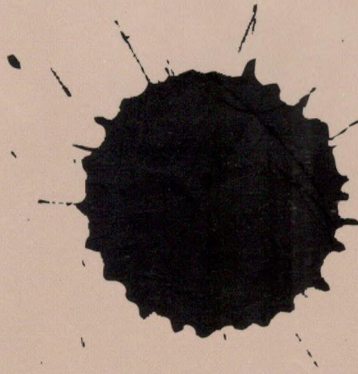
Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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>

BIG BANG'İN ROMANI

Büyük Patlama ve Evrenin Başlangıcı



SIMON SINGH

BİG BANG'İN ROMANI

Simon Singh, 1964, Wellington, İngiltere doğumlu fizikçi ve yazar. Lisans eğitimini Fizik dalında Londra Imperial Kolejinde yaptı. Doktorasını Cambridge Üniversitesinde parçacık fiziği üzerine tamamladı. İsviçre CERN laboratuvarlarında da çalışan Simon Singh, 1990'da BBC için çalışmaya başladı. Fermat'ı Son Teoremi adlı belgeseliyle BAFTA ödülünü kazandı. Halen BBC'de TV ve Radyo programları yapmaktadır.

Eserleri:

- *Fermat'ın Son Teoremi*, 1997
- *Kod kitabı*, 2000
- *Big Bang'in Romanı*, 2005
- *Tuzak mı İlaç mı?*, 2008

Özgür Yayınları kurucusu: Refik Ulu

Genel yayın yönetmeni: Adnan Özer

Yayına hazırlayan: Kemal Küçükgedik
Kapak tasarımı: Mithat Çınar

Özgür Yayınları: 267
Big Bang © 2004 Simon Singh.
Conville & Walsh Ltd. aracılığıyla alınmıştır.
Sertifika No: 12407
ISBN: 978-975-447-255-4
Özgür Yayınları birinci basım: Ocak 2009

Dizgi ve ofset hazırlık: Özgür Yayınları
Basım ve cilt: Kurtiş Matbaası

ÖZGÜR YAYINLARI

Ankara Cad. 31/4-5 Cağaloğlu - İstanbul
Tel: (0212) 528 13 30 - 526 25 13 - 526 35 01
Fax : 527 57 78
www.ozguryayinlari.com
info@ozguryayinlari.com

SIMON SINGH

BIG BANG'İN ROMANI

İngilizce aslından çeviren:

Kemal Küçükgedik



BIG BANGIN ROMANI

Üç kum tanesini dev bir katedralin içerisine koyarsanız, katedralin içindeki kum yoğunluğu uzaydaki yıldız yoğunluğundan fazla olacaktır.

James Jeans

Evreni anlama çabası, insan hayatını saçmalık seviyesinin ötesine taşıyan nadir şeylerden biridir.

Steven Weinberg

Bilim, daha önce kimsenin bilmediği bir şeyi, herkes tarafından anlaşılabilir bir şekilde anlatmaya uğraşır. Şiir bunun tam tersidir.

Paul Dirac

Evrenin en anlaşılmas özelliği anlaşılabilir olmasıdır.

Albert Einstein

İÇİNDEKİLER

1. Başlangıçta

Mitolojiden kozmonolojiye, tarih öncesinden XX. yüzyıla	9

2. Evren Teorileri

Einstein'ın yerçekimi teorisi yaratılışı nasıl doğruluyordu	85

3. Büyük Tartışma

Evren hakkındaki gözlemler onun genişlediğini nasıl gösteriyor	159

4. Kozmos'un Asileri

Teori ve gözlem Big Bang modelini oluşturmak için nasıl bir araya geldi	245

5. Paradigma Değişimi

Rakip kozmoloji teorileri arasındaki tartışma nihayet sonlanıyor	327

6. Son Söz

Big Bang modelinin önemli soruları nelerdir?	427

İndeks	449



1. BAŞLANGIÇTA

Bilim ilk önce mitlerle ve mitlerin eleştirilmesiyle başlamalıdır.

Karl Popper

Bize algı, akıl ve zekâ bahşeden Tanrı'nın bunları kullanmamızı istemediğine inanmayı reddediyorum.

Galileo Galilei

Dünyada hayat pahalı olabilir ama her yıl Güneş etrafında bedava yolculuk ediyoruz.

Anonim

Fizik, bir din değildir. Öyle olsaydı daha kolay para toplayabilirdik.

Leon Lederman

Evrende 100 milyarın üzerinde galaksi, ve her bir galakside aşıağı yukarı 100 milyar yıldız vardır. Bu yıldızların etrafında yörüngede kaç tane gezegen olduğı belli değıl ama bu gezegenlerin en azından birinde, canlı yaşam formları olduğı kesin. Dahası bu canlılardan bir tanesi bu akıl almaz büyüklükteki evrenin nasıl ortaya çıktığını merak edecek kapasiteye ve cesarete sahip.

İnsanlar binlerce nesildir gökyüzüne bakmaktalar, ancak bizler evrenin yaratılışı hakkında saygın, mantıklı ve akllı başında bir açıklamaya sahip ilk nesil olmanın ayrıcalığını yaşıyoruz. Big Bang modeli, gece gökyüzüne baktığımız zaman gördüğümüz her şeyin nasıl meydana geldiğı konusunda bize sade bir açıklama sunar. Bu, tatmin edilemez bir merakın, muhteşem bir hayal gücünün, kuvvetli gözlemin ve katı bir mantığın sonucudur.

İşin daha da muhteşem yönü, Big Bang'in herkes tarafından anlaşılabilir olmasıdır. Big Bang'i öğrendiğim gençlik yıllarımda, onun sadeliğı, güzelliğı ve o günkü fizik bilginle bile anlayabileceğim kadar basit olması karşısında şaşkına dönmüştüm.

Ancak Big Bang teorisine geçmeden önce arka planını anlatmak gerek. Big Bang teorisi son yüzyılımızın bir ürünüdür, fakat bu ürün önceki yüzyıllarda geliştirilmiş astronomi bilgisi sayesinde ortaya çıkabildi. Bu bilgiler de iki milenyumda geliştirilmiş bilimsel çerçeve içinde yapılan gözlem ve teoriler sayesinde var olabildiler. Daha da geriye dönersek, bizi somut gerçeklere yönlendiren bilimsel yöntem, ancak mitler ve efsaneler önemlerini yitirince ge-

lişebildi. Herhâlükârda, Big Bang teorisi ve evrenin başlangıcının bilimsel bir açıklamasına sahip olma arzusu, antik mitolojik dönemin çöküşüne rast gelir.

Dev Yaratıcılardan Yunan Filozoflarına

M.Ö. 600'e dayanan Çinli bir yaratılış efsanesine göre, Dev Yaratıcı Phan Ku bir yumurtadan çıktı ve elindeki keskiyle dağları ve vadileri yaratmaya başladı. Sonrasında Güneş'i, Ay'ı ve yıldızları gökyüzüne yerleştirdi ve bu görevini bitirir bitirmez öldü. Dev Yaratıcının ölümü yaratılış sürecinin önemli bir bölümüydü, çünkü bedeninin parçaları dünyanın tamamlanmasını sağladı. Kafatası gök kubbeyi, eti toprağı, kemikleri kayaları; kanı ise nehirleri ve denizleri oluşturdu. Son nefesi rüzgâra ve bulutlara dönüşürken ter damlaları yağmura döndü. Dünya'ya düşen saçları bitkileri oluştururken saçlarının arasındaki bitler insanların oluşmasını sağladı. Doğumumuz yaratıcımızın ölümünü gerektirdiği için de sonsuza dek üzüntüyle lanetlendik.

Buna karşın, İzlanda'nın epik miti *Prose Edda*'da yaratılış bir yumurtanın içinde değil, Esneyen Boşluk'ta başlar. Bu boşluk, birbirlerinin zıddı olan Muspell ve Niflheim diyarlarını ikiye ayırıyordu, ta ki bir gün Muspell'in korkunç sıcağı Niflheim'ın buzlarını eritene kadar. Oluşan su Esneyen Boşluğa düştü ve Imir devini yarattı. Böylece dünyanın yaratılışı başlamış oldu.

Batı Afrika'daki Togo bölgesinde yaşayan Kraçi kabilesi başka bir devden, büyük mavi Tanrı Wulbari'den, yani gökyüzünden bahseder. Bir zamanlar, Wulbari dünyanın hemen üstünde yatıyordu, ama elinde uzun bir odunla havanda buğday döven bir kadın, sopasıyla onu o kadar çok rahatsız etti ki bu beladan kurtulabilmek için yukarılara çıktı. Yine de insanlar Wulbari'ye yetişebiliyor, göbeğini havlu niyetine kullanıp mavi bedeninden parçalar kopararak çorbalarına baharat olarak atıyorlardı. Zamanla

Wulbari daha da yükseklerle çıktı ve kimsenin ona erişemeyeceği bir yükseklikte kaldı.

Batı Afrika'da yaşayan başka bir kabile olan Yorubalara göre, Olorun gökyüzünün sahibiydi. Aşağıdaki cansız bataklığa bakınca, başka bir tanrıdan bir sümüklü böcek kabuğunu alıp Dünya'ya götürmesini istedi. Kabuğun içinde bir güvercin, bir tavuk ve biraz da toprak vardı. Toprak, dünyanın bataklıklarına serpiştirilince güvercin ve tavuk onu eşelemeye başladılar. Olorun, Dünyayı test etmek için, Bukalemun'u gönderdi. Gökyüzünden aşağıya inerken maviden kahverengiye dönen Bukalemun, güvercin ve tavuğun görevlerini başarıyla tamamladığını haber veriyordu.

Dünyanın her yerinde, her kültür, evrenin yaratılışı ve nasıl oluştuğuna dair kendi mitlerini oluşturmuşlardır. Bu yaratılış efsaneleri birbirlerinden çok farklıdır ve içinden çıktığı toplumun ve çevrenin yapısını gösterirler. İzlanda'daki volkanik ve meteorik olaylar, dev İmir'in doğuşunun arka planını oluşturur ama Batı Afrikalı Yoruba halkı, yaratılış efsanesinde kendilerine daha yakın olan güvercin ve tavuğu kullanmıştır. Her hâlükârda bu yaratılış efsanelerinin ortak bir noktası vardır. Gerek büyük, mavi, yaralı Wulbari gerekse Çin'in ölen devi olsun; tüm efsaneler, evrenin yaratılışını açıklarken doğaüstü bir gücün önemli bir rol oynamasını gerektirir. Aynı zamanda her mit, kendi toplumu içinde mutlak gerçekliği temsil eder. "Mit" kelimesi Yunanca kökenlidir ve hem "öykü" hem de "söz" anlamına, daha doğrusu "son söz" anlamına gelir. Gerçekten de bu mitleri sorgulamaya kalkışan herkes, kafirlikle suçlanma tehlikesiyle karşılaşır.

M.Ö. 6. yüzyıla kadar pek bir şey değişmedi, ama bu dönemde toplumun aydınları arasında birden bir tolerans rüzgârı esmeye başladı. Bu dönemde filozoflar ilk kez, hâlihazırda bulunan mitolojik kabulleri terk edip kendi teorilerini geliştirmeye başladılar. Örneğin Miletli Anaximander, Dünya'nın çevresinde ateşten bir çember olduğunu, Güneş'in de Dünya'yı bu çemberden koruyan gökyü-

zünde bir delik olduğunu ve Dünya'nın etrafında döndüğünü söylüyordu. Benzer şekilde Ay ve yıldızlar da Güneş'e benzer deliklerdi. Anaximander'e karşı olarak Xenophanes, Dünya'nın gece boyu yanıcı gazlar saldığına, bu gazların küre şeklinde birikip belirli bir ağırlığa ulaştıktan sonra birden alev alıp Güneş'i oluşturduğuna inanıyordu. Bu gaz küresi söndüğü zaman tekrar gece oluyor ve geriye yıldızlar olarak gördüğümüz birkaç kıvılcım kalıyordu. Ay'ı da benzer şekilde, yirmi sekiz günlük dönemlerde biriken ve yanan gazlar olarak açıklıyordu.

Xenophanes ve Anaximander'in savlarının, gerçeğin çok uzağında olması önemli değildir çünkü önemli olan, Dünya'yı ve doğayı, doğaüstü güçlere ve tanrılara başvurmada açıklamaya çalışmalarıdır. Güneş'i dünyanın etrafındaki bir delik olarak açıklayan bir teori, nitelik olarak Güneş'in tanrı Apollon'un ateşten arabası olduğunu söyleyen Yunan mitinden çok farklıdır. Bu demek değildir ki bu yeni filozoflar tanrılara inanmıyordu; onlar, sadece doğal olayların tanrıların işi olduğuna inanmayı reddediyorlardı. Bu filozoflar ilk kozmologlardı, çünkü fiziksel evreni ve yaratılışını bilimsel araştırmalarla açıklamak istiyorlardı. "Kozmoloji" sözcüğü eski Yunanca'daki "*kosmeo*" kelimesinden türemiştir; "*kosmeo*" da düzenlemek, organize etmek anlamındadır. Yani evrenin anlaşılabilir ve analitik çalışmalar yapmaya değer olduğu düşüncesini yansıtır. Kozmos'un belli bir düzeni vardı ve Yunanlılar bu düzeni anlamak, incelemek ve arkasında yatan sebepleri öğrenmek istiyordu.

Xenophanes ve Anaximander'e bugünkü anlamıyla bilim adamı demek büyük bir abartma olur, teorilerine tam bir bilimsel teori demekle de aşırıya kaçırırız. Yine de, bilimsel düşüncenin doğumuna büyük katkı sağladıkları bir gerçektir ve yöntemleri modern bilimle birçok ortak nokta barındırmaktadır. Örneğin, tıpkı modern bilimde olduğu gibi, Yunanlı kozmologların fikirleri eleştirilebiliyor, kıyaslanabiliyor, incelenabiliyor ve terk edilebiliyordu. Yunanlılar tartışmayı çok severdi, bu yüzden bir grup filozof

bir araya gelerek teorileri inceler, mantıklarını sorgular, ve en sonunda hangisinin daha akla yatkın olduğunu seçerdi. Buna karşın başka birçok kültürde bireyler, mitolojilerini sorgulamaya cesaret edemezlerdi. Her mitolojik öykü kendi toplumu içinde imanın şartlarından sayılırdı.

Samoslu Pisagor, M.Ö. 540 yıllarında bu yeni rasyonel hareketin temellerinin sağlamlaşmasına yardımcı oldu. Felsefesinin bir ürünü olarak matematiğe tutku duydu ve bilimsel teorileri formüle etmek için sayıların ve denklemlerin nasıl kullanılabileceğini keşfetti. En önemli atılımlarından birisi, müzikteki harmoniyi sayıların uyumuyla açıklamasıdır. Helenik müzikteki en önemli enstrüman tetrakord ya da dört telli lirdi, ancak Pisagor, teorisini tek telli lirle geliştirdi. Telin gerilimi sabit tutulurken uzunluğu değiştirilebiliyordu. Belirli uzunluktaki tele vurulunca bir nota veriyordu ve Pisagor, aynı telin yarısı alınınca ilk sesle uyumlu ancak bir oktav yüksekten aynı notanın elde edildiğini keşfetti. Dahası, telin uzunluğu herhangi bir basit kesirle değiştirildiği zaman ilk sesle harmoni içinde bir nota elde edildiğini buldu. Ancak telin uzunluğu garip bir oranla değiştirilirse akort bozuluyordu.

Pisagor müziği anlamak ve tanımlamak için matematiğin kullanılabileceğini gösterince sonraki nesillerde ortaya çıkan bilim adamları, bir topun havada çizdiği eğriden, kaotik meteorolojik şablonlara kadar her şeyi rakamlarla araştırmaya başladı. 1895’de Röntgen ışınlarını bulan Wilhelm Röntgen, Pisagor’un matematiksel bilim felsefesine büyük bir inançla bağlıydı ve “Çalışmalarına başlayan fizikçinin üç şeye ihtiyacı vardır: matematik, matematik ve matematik” diyerek matematiğin önemini belirtiyordu.

Pisagor’un kendi sloganı, “Her şey rakamdır” sözüdür. Bu inancından destek alan Pisagor, gökyüzündeki nesneleri yöneten matematiksel kuralları öğrenmeye koyuldu. Güneş’in Ay’ın ve gezegenlerin gökyüzündeki yolculuklarında belirli müzik notaları çıkardığını savundu. Bu notalar da yörüngelerine göre değişiyordu. Böylece, eğer ev-

rende uyum varsa bu yörüngelerin uzunlukları arasında da belli bir rakamsal uyum olmak zorundaydı. Kendi çağında bu teori gayet benimsenmişti. Modern bir perspektifle bu teoriyi günümüzde inceleyebiliriz, ve günümüzün bilim anlayışı içinde nasıl bir yer aldığını görebiliriz. Pisagor'un evrenin müzikle dolu olduğu iddiasının doğaüstü güçlere dayanmaması bir artıdır. Ayrıca teori gayet sade ve basit, bu iki özellik de bilim için son derece önemlidir. Genellikle kısa ve basit bir denkleme dayandırılan teoriler, uzun ve birçok dolambaçlı denklemle ispat edilebilen teorilere yeğlenirler. Berndt Mathias'ın dediği gibi, “*Physical Review* dergisinde sayfanın çeyreğinden daha uzun bir formül görürseniz, o formülü boş verin. Kesinlikle yanlıştır. Doğa o kadar karmaşık değil.” Ancak formülün basitliği ve sadeliği gibi özellikler, bilimsel bir teori için daha önemli olan gerçekle bütünlük ve test edilebilirlikten sonra gelmektedirler. Burada da gökyüzündeki müzik teorisi tamamen çuvalhıyor. Pisagor'a göre insanlar sürekli bu varsayılan müziği duyuyorlar ama doğduğumuz andan beri duyduğumuz için alıştık ve artık onu algılayamıyoruz. Hiç duyulamayan bir müziğin varlığını veya hiç fark edilemeyecek başka bir şeyin varlığını savunan bir teori, kötü bir bilimsel teoridir.

Evren hakkındaki her bilimsel teori, gözlemlenebilen ve ölçülebilen bir tahmin yapmak zorundadır. Eğer deneyin veya gözlemin sonuçları, teorik tahminleri olumluyorsa teori kabul edilebilir ve bilimsel büyük çerçevenin içine oturtulabilir. Öbür yanda, eğer teorik tahmin geçerli değilse ve deney veya gözlemlerle tezatlık oluştuyorsa reddedilmeli veya ne kadar güzel ve sade olursa olsun da en azından değiştirilmelidir. En büyük ve en acımasız şart budur, tüm bilimsel teoriler test edilebilmeli ve gerçekle uyumlu olmalıdır. XIX. yy. doğa bilimcisi Thomas Huxley şöyle der: “Bilimin en büyük trajedisi, güzel bir hipotezin çirkin bir gerçek tarafından yerle bir edilmesidir.”

Ne var ki Pisagor'un takipçileri onun fikirlerini geliştirmeyi bildiler. Bilim gittikçe daha karmaşık ve güçlü bir

disiplin olmaya başladı. Güneş'in, Ay'ın ve Dünya'nın birbirlerine gerçek uzaklıklarını ve çaplarını ölçmek gibi inanılmaz başarılarla imza attılar. Bu ölçümler astronomi tarihi için kilometre taşlarıydı. Evreni anlama çabamızda kat ettiğimiz ilk adımları temsil ediyorlardı. İşte bu yüzden bu ölçümler biraz detaylıca anlatılmayı hak ediyorlar.

Gökteki cisimlerin boyutları ölçülmeden önce, antik Yunanlılar Dünya'nın küre şeklinde olduğunu bulmak zorundaydı. Antik Yunan'da, gemiler ufukta yavaş yavaş kaybolurken, önce gövdesinin sonra yelkenlerinin ve direklerinin kaybolması bu düşünceye destek veriyordu. Böylelikle denizin eğimli bir yüzeyi, dolaylı olarak Dünya'nın da eğimli bir yüzeyi olduğu yani küre şeklinde olduğu bilgisine ulaşıldı. Ay tutulmaları bu düşünceye daha da fazla destek veriyordu, Dünya'nın gölgesi Ay yüzeyine yuvarlak bir gölge olarak düşüyordu, bir kürenin gölgesi de ancak bu şekilde olabilirdi. Benzer şekilde herkes Ay'ın yuvarlak olduğunu görebiliyordu, bu yüzden küre şeklinin cisimlerin doğal şekli olduğunu ve Dünya'nın da küre şeklinde olduğunu tahmin ettiler. Kuzey'de yaşayan insanların yılın yarısında uyuduklarını söyleyen Yunan tarihçi Herodot dâhil her şey mantıklı gelmeye başlıyordu artık. Eğer Dünya küre şeklindeyse, Dünya'nın farklı kesimleri farklı şekilde aydınlanır ve kutup kışları ve yarım yıllık akşamlar gibi olaylara sebebiyet verebilirdi.

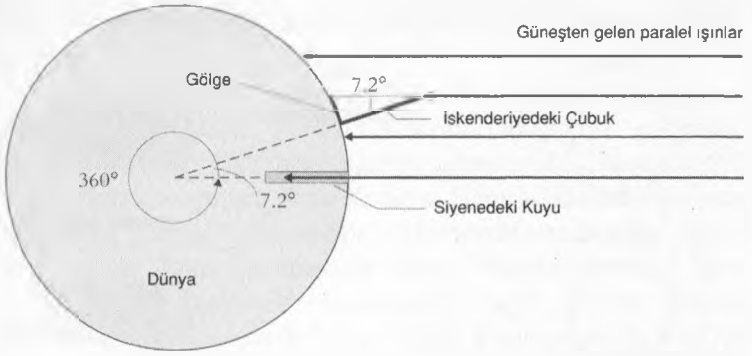
Ancak küre şeklinde bir Dünya modeli, bugün hâlâ çocukların kafasına takılan bir soru yarattı: Güney yarımkürede yaşayan insanlar neden Dünya'dan düşmüyor? Bu soruya Yunanlıların cevabı, evrenin bir merkezi olduğu ve her şeyin bu merkeze doğru çekildiği idi. Evrenin merkeziyle Dünya'nın merkezi aynıydı, bu yüzden Dünya sabitti ve yüzeyindeki her şey bu merkeze doğru çekiliyordu. Böylelikle Yunanlılar ve Güney yarımkürede yaşayanlar, Dünya'nın üzerinde kalabiliyordu.

Dünya'nın boyutlarını ölçme işini ilk kez Eratosthenes başardı. M.Ö. 276 yılında bugünkü Libya'da doğan Eratosthenes'in büyük bir dahi olacağı ve şiiirden coğraf-

yaya her alanda başarılı olabileceği o daha küçükken biliyordu. Birçok alanda yetenekli olduğu için kendisine “Pentathlos” lakabı verilmişti. Eratosthenes hayatının büyük bir bölümünü Antik Yunan’daki en büyük akademik kürsü olan İskenderiye Kütüphanesinde Baş Kütüphaneci olarak geçirdi. Kozmopolit İskenderiye, Akdeniz’in entelektüel merkezi olma pozisyonunu Atina’dan çalmıştı, ve şehrin kütüphanesi dünyadaki en saygın bilgi merkeziydi. Asık suratlı ve sürekli kitap mühürleyen kütüphanecileri unuttun; burası birçok bilginin ve öğrencinin bir araya geldiği, tartıştığı canlı bir merkezdi.

İskenderiye Kütüphanesindeyken Eratosthenes, Güney Mısır’da, bugünkü Asuan yakınlarındaki Syene kasabasında çok değişik bir özelliğe sahip bir kuyu olduğunu öğrendi. Kuzey yarımküredeki en uzun gün olan 21 Haziran’da tam öğle vakti, Güneş doğrudan olarak kuyuya geliyor ve en aşağısına kadar her yeri aydınlatıyordu. Eratosthenes, Güneş’in 21 Haziran’da tam tepede olduğunu ve bu yüzden kuyuyu tamamen aydınlattığını fark etti, ancak bu olay birkaç yüz kilometre kuzeyde olan İskenderiye’de hiç olmuyordu. Bugün bu kuyunun, Güneş’in ışınlarını 21 Haziran’da dik olarak alan Yengeç dönencesinde olduğunu biliyoruz.

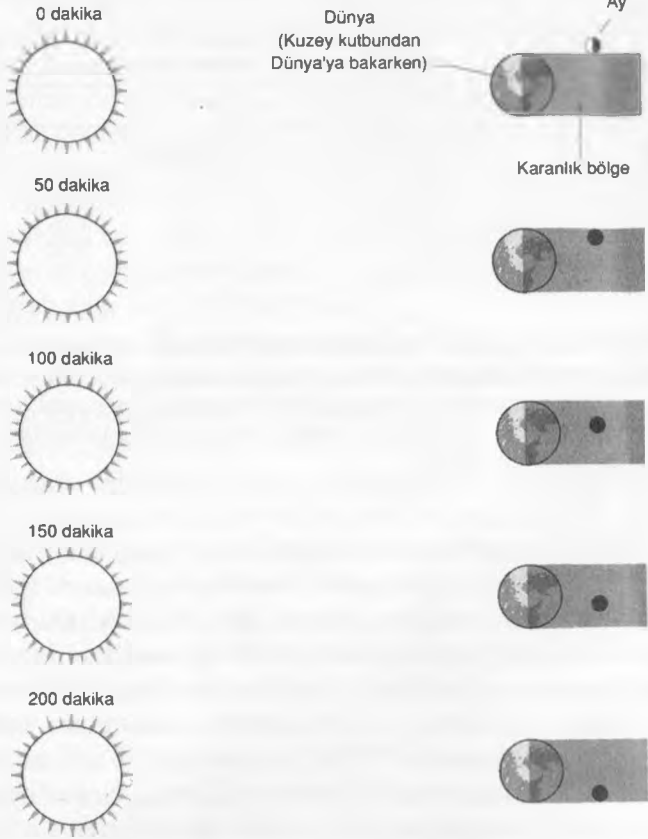
Güneş’in hem Syene’e hem de İskenderiye’ye dik ışınlar göndermemesinin sebebinin Dünya’nın eğimi olduğunu bilen Eratosthenes, bu olaydan yola çıkarak Dünya’nın çevresini ölçebileceğini düşündü. Geometri anlayışı ve kullandığı notasyonlar bizimkilerden farklı olduğu için, bu problemi çözmek için bizim gibi düşünmemiş olabilir, ama yaklaşımının modern açıklaması aşağıdaki gibidir. Şekil 1, 21 Haziran’da Güneş’ten gelen paralel ışınların Dünya’ya nasıl yansıdığını göstermektedir. Güneş ışınlarının Syene’deki kuyuya tam dik olarak indiği anda Eratosthenes, İskenderiye’de yere bir çubuk sapladı ve Güneş ışınlarının açısını ölçtü. Bu açı, Dünya’nın merkezinden Syene ve İskenderiye’ye çizilen iki yarıçapın arasındaki açıya eşittir. Bu açıyı 7.2 derece olarak ölçtü.



Şekil 1: Eratosthenes, İskenderiye’de toprağa dik tuttuğu bir çubuğun gölgesini kullanarak Dünya’nın çevresini buldu. Deneyini 21 Haziran Yaz dönümünde, Yengeç Dönencesinin Güneş ışınlarını dik aldığı zamanda yaptı. Daha iyi anlaşılсын ve görülebilsin diye çizim ve açılar ölçekli değildir.

Syene’den yola çıkarak İskenderiye’ye doğru yolculuk eden ve Dünya’nın çevresinde tam bir tur atarak Syene’e geri dönen biri olduğunu hayal edin. Bu kişi Dünya’nın çevresinde bir çember çizecek ve 360 derecelik bir açıyı tamamlayacaktır. Yani Syene ile İskenderiye arasındaki açı 7.2 derece ise, Syene ile İskenderiye arasındaki mesafe Dünya’nın çevresinin $7.2/360$ ’ını ya da $1/50$ ’sini oluşturmaktadır. Hesaplamanın kalanı çok basit. Eratosthenes, iki şehir arasındaki mesafeyi 5000 stad olarak ölçtü. Bu mesafe Dünya’nın çevresinin $1/50$ ’si ise dünyanın çevresi 250,000 stad demektir.

Acaba 250,000 stad ne kadar? Bir stad yarışların yapıldığı standard bir uzunluktu, ve Olimpik stad 185 metreydi. Yani Dünya’nın çevresinin uzunluğunu 46,250 km olarak buldu; bu rakam Dünya’nın çevresinin gerçek uzunluğu olan 40,100 km’den %15 kadar sapmıştır. Fakat Eratosthenes sonuca düşündüğümüzden daha da yaklaşmış olabilir. Mısır’da kullanılan stad, Olimpik staddan farklıydı ve 157 metreydi; bu şekilde hesaplarsak Eratosthenes Dünya’nın çevresinin uzunluğunu 39,250 km olarak



Şekil 2: Dünya'nın ve Ay'ın göreceli büyüklükleri, bir ay tutulması sırasında Ay'ın Dünya'nın gölgesinden geçmesinde gözlemlenebilir. Dünya ve Ay, Güneş'e kıyasla birbirlerine çok daha yakındır, bu yüzden Dünya'nın gölgesinin aşağı yukarı kendi boyutlarında olduğunu söyleyebiliriz.

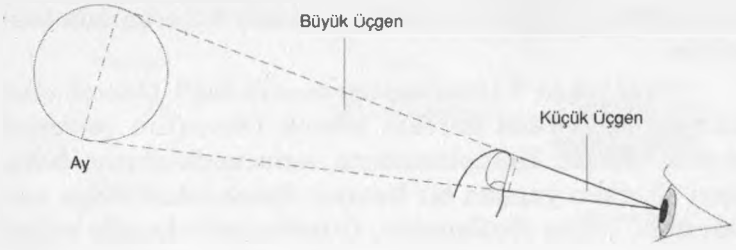
Şekil 2'de Dünya'nın gölgesinden geçen Ay gösterilmektedir. Bu tutulmada Ay'ın ucunun Dünya'nın gölgesine değmesiyle, tamamen gölge içinde kalması arasında 50 dakika vardır. Bu yüzden 50 dakika Ay'ın çapının bir belirteçidir. Ay'ın ucunun Dünya'nın gölgesinin diğer ucuna dokunması da 200 dakika aldığı için Dünya'nın çapının Ay'ın çapından 4 kat büyük olduğunu söyleyebiliriz.

bulmuştur ve gerçek uzunluktan sadece %2 oranında sapmıştır.

%2 mi yoksa %15 mi saptığı önemli değil. Önemli olan bilimsel bir yoldan hareket ederek Dünya'nın çevresini ölçmüş olması. Hesaplamaların sonucunda oluşan hata, açıyı ölçerken yapılan bir hataya, Syene-İskenderiye mesafesinin yanlış ölçülmesine, Gündönümünde öğle vaktinin yanlış hesaplanmasına veya İskenderiye'nin Syene'nin tam kuzeyinde olmamasına bağlı olabilir. Ancak Eratosthenes öncesinde kimse Dünya'nın çevresinin 4,000 mi yoksa 4,000,000,000 km mi olduğunu bilmiyordu. Bu yüzden Dünya'nın çevresinin aşağı yukarı 40,000 km olduğunu bulmak büyük bir başarıdır. Dünya'yı ölçmek için gerekli olan tek şeyin bir çubuk ve akıl olduğu ispatlanmış oldu.

Artık Eratosthenes için Ay'ın ve Güneş'in boylarını ve Dünya'dan uzaklıklarını ölçmek daha kolaydı. Yapılması gereken birçok şey daha önceki doğa filozofları tarafından yapılmış ama Dünya'nın çevresi bilinmediği için son hesaplamalar ortada kalmıştı. Bilinmeyen değer şimdi Eratosthenes'in elindeydi. Örneğin, bir Ay tutulması sırasında Ay'ın üzerine gelen Dünya'nın gölgesi ile Dünya kıyaslanarak Ay'ın çapının Dünya'nın çeyreği olduğu hesaplanabildi. Dünya'nın çevresi 40,000 km ise çapı aşağı yukarı $(40,000 / \pi)$ km, yani 12,700 km'dir. Bundan da Ay'ın çapının $(12,700 \text{ km} / 4)$, 3200 km olduğunu bulabiliriz.

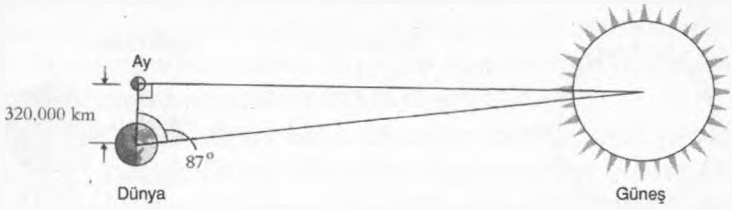
Bu hesaplamalar yapıldıktan sonra Eratosthenes için Ay'ın Dünya'ya olan uzaklığını hesaplamak kolaydı. Dolunay'a bakarken bir gözünüzü kapayın ve kolunuzu aya doğru dimdik kaldırın. Bunu denerseniz, işaret parmağınızın tırnağıyla ayın yüzeyini kaplayabileceğinizi göreceksiniz. Şekil 3'te gözünüz, Ay ve tırnağınız arasındaki üçgen gösterilmektedir. Gözünüzle tırnağınız arasındaki üçgenle, gözünüz ve Ay arasındaki üçgen eşit orantıdadır. Tırnağınızla kolunuz arasındaki yaklaşık 1:100 oranı ile Ay'ın çapı ve Dünya'ya olan uzaklığı aynı olmalıdır. Bu da



Şekil 3: Ay'ın boyutlarını öğrendikten sonra Dünya'ya olan uzaklığını ölçmek kolaydır. Öncelikle kolunuzu Ay'a doğru uzatın ve tırnağınızla Ay yüzeyini kaplayın. Böylelikle tırnağınızın boyuyla kolunuzun oranı, Ay'ın boyuyla Dünya'ya olan uzaklığına eş olacaktır. Kol uzunluğu tırnağın yaklaşık 100 katı olduğuna göre, Ay'ın Dünya'ya olan uzaklığı kendi boyunun 100 katıdır.

demektir ki Ay'ın uzaklığı çapının yüz katı yani, 320,000 km'dir.

Kilizmanlı Anaxagoras'ın bir hipotezi ve Sisamlı Aristarkus'un argümanı sayesinde Eratosthenes, Güneş'in boyutlarını ve ne kadar uzak olduğunu hesaplayabildi. Anaxagoras M.Ö. V. yy.da yaşamış radikal bir düşünürdü ve hayatın anlamının "Güneş'in, Ay'ın ve göklerin incelenmesinde yattığına" inanıyordu. Güneş'in bir tanrı değil de beyaz ve çok sıcak bir kaya olduğunu, benzer şekilde yıldızların da sıcak kayalar olduğunu ama Dünya'yı ısıtamayacak kadar uzakta olduklarını söylüyordu. Buna karşın Ay soğuk bir kayaydı ve ışık üretmiyordu, Anaxagoras'a göre ay ışığı Güneş ışınlarının yansımından başka bir şey değildi. Anaxagoras'ın yaşadığı Atina'daki, değişen ve gelişen entelektüel hoşgörü ortamına rağmen Güneş'in ve Ay'ın tanrı değil de büyük kayalar olduğunu söylemek bir skandaldı. Bunun üzerine Anaxagoras'ın rakipleri onu kafirlikle suçladı ve Lapseki'ye sürgün edilmesini sağladılar. Atinalılar şehirlerini putlarla süslemeyi çok seviyorlardı; 1638'de Rahip John Wilkins, tanrıları taşa dönüştüren bir adamın taşları tanrılara dönüştüren adamlar tarafından yargılanmasındaki ironiyi bu şekilde gösteriyordu.



Şekil 4: Aristarkus, Ay'ın yarım ay safhasındayken Güneş, Ay ve Dünya'nın dik üçgen oluşturduğunu ve böylelikle Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığını ölçebileceğimizi iddia etmişti. Yarım ay'da, açığı şekilde gösterildiği gibi ölçtü. Dünya'nın Ay'a olan uzaklığı ve basit trigonometri kullanarak Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığı hesaplanabildi.

M.Ö. III. yy.da, Aristarkus Anaxagoras'ın fikrini geliştirdi. Eğer ay ışığı Güneş ışınlarının yansıması ise yarım ay, Şekil 4'te gösterildiği gibi Güneş, Ay ve Dünya bir dik üçgen oluşturduğunda olmalıydı. Aristarkus, Dünya'yı Güneş'e ve Ay'a bağlayan çizgiler arasındaki açıyı hesapladı ve trigonometri kullanarak Dünya-Ay ve Dünya-Güneş uzaklıkları arasındaki oranı hesapladı. Hesapladığı açı 87 derecedeydi, bu da Güneş'in Ay'dan yirmi kat uzakta olduğunu gösteriyordu. Daha önceki hesaplarımız da bize Dünya-Ay uzaklığını vermişti. Aslında açı 89.85 derece ve Güneş, Dünya'ya Ay'dan 400 kat daha uzakta, yani Aristarkus açıyı hesaplarken bayağı bir hata yapmış. Yine de burada önemli olan doğruluk değil: Yunanlılar doğru bir yöntem bulmuşlardı, asıl önemli olan gelişme buydu ve daha ilerlemiş ölçüm aletleri, gelecekteki bilim adamlarını cevaba daha da yaklaştıracaklardı.

Son olarak Güneş'in boyutlarını hesaplamak çok kolay, çünkü herkesin de bildiği gibi bir Güneş tutulması esnasında Ay, Güneş'in yüzünü tamamen kaplar. Bu yüzden Güneş'in çapıyla Dünya'ya uzaklığı oranı, Ay'ın çapıyla Dünya'ya uzaklığı oranına eşit olmalıdır (Şekil 5'te gösterildiği gibi). Ay'ın çapını ve Dünya'ya olan uzaklığını bili-



Şekil 5: Güneş'in uzaklığını öğrendiğimiz zaman çapını da hesaplayabiliriz. Ay'ın Dünya'ya olan uzaklığını ve çapını bildiğimiz için Güneş tutulmasıyla bunu hesaplayabiliriz. Güneş tutulması sırasında Ay, Güneş'i tamamen kapladığı için Dünya'da çok az yerde görünür. Ölçekli olmayan bu şekil, Dünya'daki bir gözlemcinin her iki üçgenin tepe noktasında durduğunu gösterir. İlk üçgen Dünya-Ay arasında, ikincisi Dünya-Güneş arasındadır. Dünya'nın Ay'a ve Güneş'e olan uzaklığını ve Ay'ın çapını bildiğimiz için Güneş'in çapını da ölçebiliriz.

yoruz, Güneş'in de Dünya'ya olan uzaklığını biliyoruz, bu yüzden Güneş'in çapını basit bir dört işlemle hesaplayabiliriz. Bu yöntem Şekil 3'te Ay'ın çapını hesaplamak için kullandığımız yöntemle aynı, ancak burada tırnağımızın yerini Ay aldı.

Erastotenes'in, Aristarkus'un ve Anaxagoras'ın muhteşem başarıları Antik Yunan bilimsel düşüncesinde kaydedilen gelişmeleri göstermektedir, çünkü evren hakkında yaptıkları hesaplamalar mantığa, matematiğe, gözleme ve ölçümlere dayalıydı. Fakat bilimin temellerinin sadece Yunanlılar tarafından atıldığını söyleyebilir miyiz? İnanılmaz derecede pratik astronomi bilgileriyle binlerce detaylı gözlem yapan Babilliler ne olacak? Filozofların ve bilim tarihçilerinin çoğu Babillilerin, tanrılar tarafından yönetilen ve mitlerle açıklanan bir evren modeline inandıkları için gerçek bilim adamı olmadıklarını söylerler. Her hâlükârda, yüzlerce ölçüm alıp sonu gelmeyen yıldız ve gezegen haritaları çizmek, bu gözlemlerin arkasında yatan nedenleri açıklamaya çalışan özgün bilime kıyasla önemsiz sayılabilir. Fransız matematikçi ve bilim filozofu Henri

Poincare'in dediği gibi: "Nasıl bir ev taşların bir araya gelmesi ile oluşuyorsa bilim de hakikatlerin bir araya gelmesi ile oluşturulur. Ancak bir yığın taşta ev diyemediğimiz gibi bir yığın hakikate de bilim diyemeyiz."

Eğer Babilliler ilk bilim adamları değilse, peki ya Mısırlılar? Büyük Keops piramidi, Partenon'dan iki bin yıl daha yaşıdır ve Mısırlılar kesinlikle terazi, kozmetik, mürekkep, tahta kilitler, mum ve diğer birçok icatla Yunanlıların çok çok önündeydi. Ancak bunlar bilimin değil teknolojinin örnekleridir. Teknoloji, Mısırlı örneklerinde görülebildiği gibi pratik amaçlı bir aktivitedir ve ticaret, güzellik, yazı, korunma ve aydınlanma gibi sorunlara çözümler sağlar. Kısaca teknoloji hayatı kolaylaştırmak için vardır, ancak bilim dünyayı anlamaya çalışma çabasıdır. Bilim adamları, rahatlamak veya kullanışlı şeyler bulmak için değil, merak ederek harekete geçerler.

Her ne kadar bilim adamları ve teknologlar çok farklı amaçlara sahip olsalar da genellikle ikisinin aynı şey olduğu sanılır; bunun muhtemel sebebi bilimsel keşiflerin teknolojik açılımlara yol açması olabilir. Örneğin, bilim adamları uzun yıllar boyu elektrik hakkında keşifler yaptı; bunun üzerine teknologlar ise ampul ve benzeri aletleri geliştirdiler. Ancak antik çağlarda teknoloji bilimin yardımı olmadan da gelişebiliyordu, bu yüzden Mısırlılar bilimden bihaber olmalarına rağmen başarılı teknolog olabiliyorlardı. Birayı fermente ettikleri zaman kullandıkları teknolojik yöntem ve sonuçları ile ilgileniyorlardı, ama bir maddenin başka bir şeye nasıl ve neden dönüştüğü ile ilgilenmiyorlardı. Fermantasyon işleminin arkasında yatan kimyasal ve biokimyasal mekanizmalardan haberleri yoktu.

Bu yüzden Mısırlılar, bilim adamı değil teknologdu; Eratosthenes ve meslektaşları ise teknolog değil bilim adamıydı. Yunanlı bilim adamlarının amaçları, kendilerinden iki bin yıl sonra Henri Poincare'in dediği gibi:

"Bilim adamı doğayı işine yaradığı için incelemez; doğayı bundan zevk aldığı için inceler, ve zevk almasının se-

bebi de doğanın güzel olmasıdır. Eğer doğa güzel olmasaydı öğrenmeye değmezdi ve doğa öğrenilmeye değer olmasaydı hayat yaşamaya değer olmazdı. Elbette burada duyulara hitap eden görünür güzellikten bahsetmiyorum; her ne kadar bu tip bir güzelliği de küçümsemesem de onun bilimle bir ilgisi yoktur; doğanın parçaları arasındaki uyumlu düzenden kaynaklanan ve sadece saf bir aklın kavrayabileceği çok dahaengin güzellikten bahsediyorum.”

Özetle, Yunanlılar Güneş’in çapını bilmek için Güneş’in uzaklığının bilinmesi gerektiğini, bunun için de Ay’ın uzaklığının bilinmesi gerektiğini, onun için de Ay’ın çapının bilinmesi gerektiğini, onun için de Eratosthenes’in en büyük başarısı olan Dünya’nın çapının bilinmesi gerektiğini kanıtlamışlardır. Bu uzaklık ve çap ölçümleri, Yengeç dönencesindeki bir kuyu, Ay’ın üzerine yansıyan Dünya’nın gölgesi, yarım ayda Dünya, Güneş ve Ay’ın dik açılı bir üçgen oluşturduğu gerçeği, ve Güneş tutulması sırasında Ay’ın Güneş’i tamamen kapladığı gözlemiyle gerçekleştirilebilmiştir. Bu denklemin içine Ay ışığının Güneş ışınlarının yansımaları olduğu gibi akıllı bir tahmini de atarsanız bilimsel mantığın çerçevesini oluşturmuş olursunuz. Bu bilimsel mantık mimarisinin, farklı argümanların iç içe geçmesinden, farklı ölçümlerin birbirlerine uyumlarından, ve farklı teorilerin bir araya gelmelerinden kaynaklanan içsel bir güzelliği vardır.

Ölçümlerinin ilk safhasını tamamlayan Yunanlı astronomlar Güneş’in Ay’ın ve gezegenlerin hareketlerini incelemeye hazırlardı. Gökteki farklı cisimlerin birbirleriyle nasıl etkileşimde olduklarını anlamak için evrenin dinamik bir modelini hazırlamak üzereydiler. Evreni anlamak için başlanılan yolculuğun bir sonraki safhası buydu.

Daireler İçinde Daireler

Gerek zamanı ölçmek, gerek yönlerini bulmak, gerekse de hava durumunu tahmin etmek için en yaşlı atalarımız bile gökyüzünü fazlasıyla incelemiştir. Her gün Güneş'in gökyüzündeki yolculuğunu, ve her gece de Güneş'in ardından meydana çıkan yıldızları izlediler. Ayaklarını bastıkları toprak sabit olduğu için, gökteki cisimlerin hareket ettiğini ancak Dünya'nın yerinde statik kaldığını düşünmeleri doğaldı. Dahası antik çağ astronomları Dünya merkezli bir evren şeması oluşturmuşlardı. Buna göre evrenin merkezinde dünya vardı ve gökteki cisimlerin hepsi Dünya'nın etrafında dönüyordu.

Elbette gerçekte Dünya, Güneş'in etrafında dönüyor ancak Krotonlu Philolaus'dan önce kimse bu olasılığı düşünmedi. M.Ö. V. yy.da Pisagor okulunun bir öğrencisi

Tablo 1: Eratosthenes, Aristarkus ve Anaxagoras tarafından yapılan ölçümler tam olarak doğru değildi, bu yüzden aşağıdaki tabloda ölçümlerin gerçek değerleri verilmektedir:

Dünya'nın çevresinin uzunluğu:	40,100 km = 4.01×10^4 km
Dünya'nın çapı:	12,750 km = 1.275×10^4 km
Ay'ın çapı:	3,480 km = 3.48×10^3 km
Güneş'in çapı:	1,390,000 km = 1.39×10^6 km
Dünya-Ay uzaklığı:	384,000 km = 3.84×10^5 km
Dünya-Güneş uzaklığı:	150,000,000 km = 1.50×10^8 km

Bu tablo aynı zamanda üssü sayıların nasıl yazıldığına dair bir giriş niteliği taşımaktadır. Kozmolojide çok çok büyük rakamlar olduğu için bu sayılar üssü sayılar olarak yazılırlar:

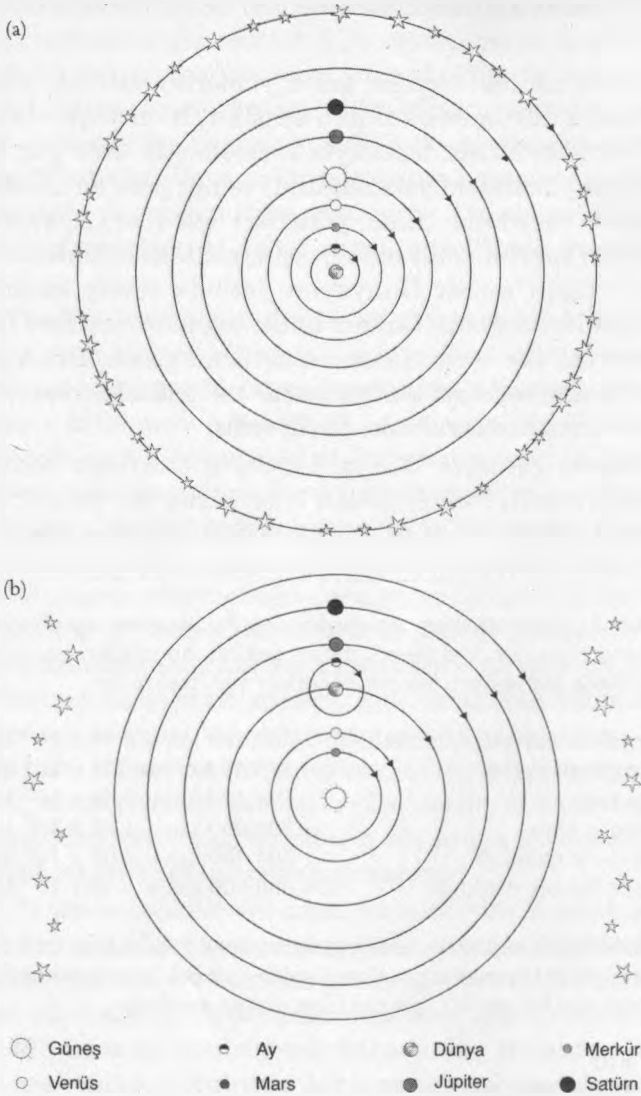
$$10^1 = 10$$

$$10^2 = 10 \times 10 = 100$$

$$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1,000$$

$$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10,000$$

Burada 10^N rakamını 1 sonrası N adet 0 geldiği olarak düşünebilirsiniz. Böylece $10^4 = 10,000$ olur..



Şekil 6: (a) Şekli klasik ve yanlış olan Dünya merkezli evren modelini göstermektedir. Bu modelde, Ay, Güneş, gezegenler ve hatta binlerce yıldız Dünya'nın etrafında yörüngededir. Şekil (b) Aristarkus'un sadece Ay'ın Dünya'nın yörüngesinde olduğu Güneş merkezli evren modelini göstermekte.

olan Philolaus, Dünya'nın Güneş'in etrafında döndüğünü savundu. Sonraki yüzyılda Pontuslu Herakleides, arkadaşlarının onun delirdiğini düşünüp ona "paradoksolog" (paradokslar üreten) lakabını takmasına rağmen Philolaus'un düşüncelerini devam ettirdi. Evrenin bu modeline son rötuşları Herakleides'in öldüğü yıl doğan Aristarkus yaptı.

Her ne kadar Aristarkus, Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığını bulduysa da evren modeli gözlemlerle kıyaslandığı zaman bu ufak bir başarı sayılır. Şekil 6(a)'da gösterildiği gibi Dünya'nın merkezde kabul edildiği (yanlış olarak) evren modelini değiştirmeye çalışıyordu. Şekil 6(b)'de ise Aristarkus'un, Güneş'in etrafında dönen Dünya modeli bulunmaktadır. Aristarkus, Dünya'nın her 24 saatte kendi eksenini etrafında döndüğünü, böylece gece ve gündüzün yaşandığını söylediği zaman yine haklıydı.

Aristarkus son derece saygıdeğer bir filozoftu ve astronomi üzerine fikirleri gayet iyi biliniyordu. Hatta Güneş merkezli evren modeli Arşimet tarafından şöyle anlatılıyordu: "Güneşin ve yıldızların sabit ve yerlerinden hareket etmediğini düşünüyordu; Dünya da Güneş'in etrafında bir dairenin üstünde yer alıyordu." Yine de filozoflar Güneş sisteminin bu doğru modelini görmezlikten geldiler, ve Güneş merkezli Dünya modeli sonraki on beş yüzyıl boyunca gözden kayboldu. Antik Yunanlılar zeki insanlardı, ama neden Aristarkus'un doğru Güneş sistemi modelini kabul etmediler de Dünya merkezli evren modelini benimsediler?

Dünya merkezli evren modelinin benimsenmesinde egosantrik tavırlar rol oynamış olabilir, fakat Aristarkus'un modeli yerine Dünya merkezli evren modelini kabul etmek için başka sebepler de vardı. Güneş merkezli evren modelinin en büyük sorunu ilk bakışta saçma gelmesiydi. Güneş'in sabit olan Dünya'nın etrafında döndüğü çok aşikârdı. Kısaca, Güneş merkezli evren modeli insanların sağduyusuna karşı geliyordu. Ancak iyi bilim adamları sağduyudan çok etkilenmemelidir, çünkü meselenin

altında yatan bilimsel gerçekleri gizleyebilirler. Albert Einstein, sağduyu kavramını “insanların on sekiz yaşına gelene kadar edindikleri önyargıların bütünü” olarak açıklamıştır.

Yunanlıların Airstarkus’un Güneş sistemi modelini kabul etmeyişlerinin bir diğer sebebi, görünüşte bilimsel incelemeye tasdik edilememesiydi. Aristarkus gerçeklikle özdeş bir evren modeli düşünmüştü ama bu modelin doğru olduğu kanıtlanamamıştı. Gerçekten de Dünya, Güneş’in yörüngesinde miydi? Eleştirmenler, Aristarkus’un modelinde üç hata bulmuştu.

Öncelikle, Yunanlılar Güneş’in etrafında dönen bir Dünya’da yaşasaydık sürekli bir rüzgâra maruz kalacağımızı ve sürekli hareket eden yeryüzünün ayaklarımızın altından kayması gerektiğini düşünüyorlardı. Ancak böyle sabit bir rüzgâr hissetmiyoruz, yeryüzü de ayağımızın altından kayıp gitmiyor; bu yüzden Yunanlılar, Dünya’nın hareket etmediğine karar verdiler. Elbetteki Dünya dönüyor, ve uzaydaki muhteşem hızımızı fark etmememizin tek sebebi Dünya’yla beraber Dünya’nın üzerindeki her şeyin ve atmosferin de hareket etmesi. Yunanlılar bunu fark edemediler.

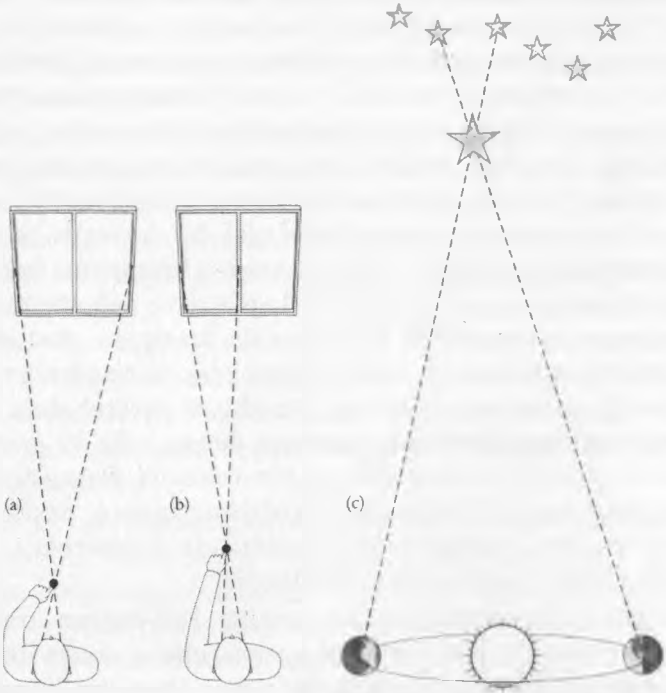
İkinci problematik nokta; hareket halindeki bir Dünya modeli, Yunanlıların yerçekimi anlayışına karşı geliyordu. Daha önce değindiğimiz gibi, geleneksel görüş her şeyin evrenin merkezine doğru çekildiği yönündeydi ve Dünya da evrenin merkezinde olduğu için hareket etmiyordu. Bu teori çok mantıklı gözüküyordu, çünkü daldan düşen elmaların Dünya’nın merkezine doğru hareket ettiğini, çünkü evrenin merkezinin Dünya’nın merkezinde olduğunu açıklıyordu. Ama evrenin merkezinde Güneş varsa, neden nesneler Dünya’ya doğru düşüyordu? Eğer evrenin merkezi Güneşe, elmalar yere değil göğe doğru düşmeli ve Güneş’e doğru gitmeliydi. Hatta ve hatta Dünya üzerindeki her şey Güneş’e doğru düşmeliydi. Günümüzde yerçekimi hakkında çok daha fazla şey biliyoruz ve Güneş merkezli bir Güneş sistemi modelini daha rahat anla-

yabiliyoruz. Modern yerçekimi teorisi Dünya'ya yakın olan nesnelerin Dünya'ya doğru çekildiğini, gezegenlerin de Güneş'in çekimi yüzünden yörüngede kaldıklarını bize rahatlıkla açıklayabiliyor. Bir kez daha, bu açıklama antik Yunanlıların bilim anlayışlarının çok ötesindeydi.

Filozofların, Aristarkus'un Güneş merkezli evren modelini kabul etmemelerinin üçüncü sebebi ise yıldızların konumlarının görünürde hiç değişmemesiydi. Eğer Dünya, Güneş'in etrafında büyük bir yol kat ediyorsa yıl boyunca yıldızları farklı konumlarda görmemiz gerekirdi. Dünya'nın değişen konumu, evrene farklı açılardan bakmamızı ve yıldızları farklı konumlarda görmemizi sağlayacaktır. Bu olaya *ıraklık açısı*, yada *yıldız paralaksı* denmektedir. Bir parmağınızı gözünüzün önünde birkaç santimetre uzakta tutarsanız, daha ufak bir seviyede bu açıyı gözlemleyebilirsiniz. Parmağınızı gözünüzün önünde tuttukten sonra, sol gözünüzü kapatın ve sağ gözünüzle parmağınızı yakındaki bir nesneyle hizalayın. Ardından sağ gözünüzü kapatıp sol gözünüzü açın, parmağınızın hizalandığınız nesneye göre sağa kaydığını göreceksiniz. Bir gözünüzü açıp diğerini kapatmaya devam edin ve parmağınızın sürekli hareket ettiğini göreceksiniz. Bakış açınızı bir gözünüzden diğerine değiştirdiğiniz zaman, başka bir nesneye göre parmağınızın konumu da değişecektir. Bu durum Şekil 7(a)'da gösterilmektedir.

Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığı 150 milyon km'dir. Dünya Güneş'in etrafında dönüyorsa, altı ay sonra ilk konumundan 300 milyon km. uzaklaşmış olacaktır. Yunanlılar, yıldızların birbirlerine göre konumlarında yıl boyunca bir değişiklik tespit etmiyordu. Dünya Güneş'in etrafında dönüyorsa, konumundaki bu büyük değişimle birlikte yıldızları gördüğü açı da değişmeliydi. Yıldızların konumu değişmiyorsa, demek ki Dünya'nın yıldızları gördüğü açı, ve buna bağlı olarak da konumu değişmiyordu. Yine eldeki kanıtlar, Dünya'nın hareketsiz olduğunu ve Güneş'in etrafında dönmediğini gösteriyordu. Elbette ki Dünya, Güneş'in etrafında dönüyor ve yıldız paralaksı mevcuttur;

ancak yıldızlar Dünya'ya çok uzak olduğu için bu açı, Yunanlılar tarafından algılanamıyordu. Uzaklığın, *ıraklık açısını* nasıl değiştirdiğini bu sefer, kolunuzu uzatarak parmağınıza bakarsanız anlayabilirsiniz. Kolunuzu uzatın ve yine sol gözünüzü kapatarak parmağınızı ve bir nesneyi hizalayın. Şimdi sağ gözünüzü kapatıp sol gözü-



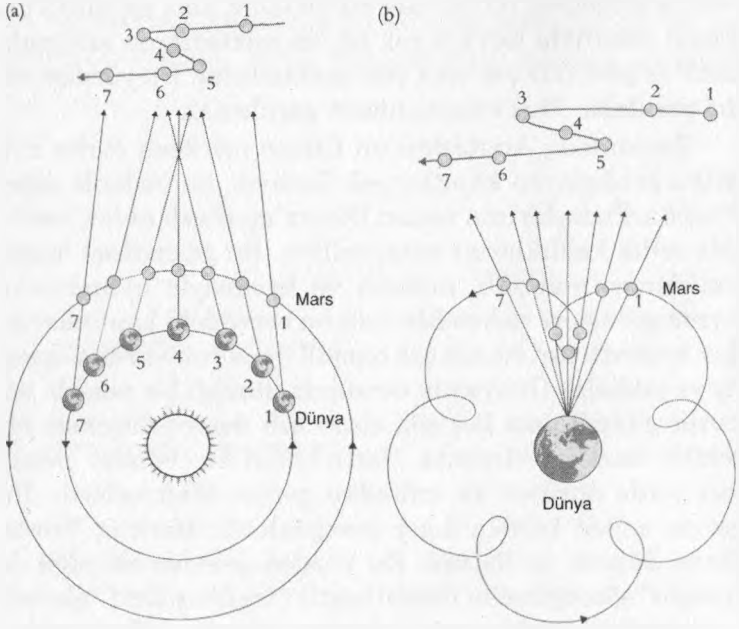
Şekil 7: İraklık açısı, gözleyenin bakış açısında oluşan bir değişiklik yüzünden bir nesnenin konumunun değişmiş gibi algılanmasıdır. Şekil (a)da insanın parmağına sağ ve sol gözüyle baktığında başka bir hizada olduğu gösterilmektedir. Şekil (b)de iki hizadaki mesafenin parmak, yani hizadaki nesne uzaklaştıkça daha az olduğu gösterilmektedir. Dünya Güneş'in etrafında yörüngede olduğu için bakış açımız değişir ve bir yıldızı hizaladığımızda, daha uzak olan yıldızlara göre konumunun değişmesi gerekmektedir. Şekil (c)de gözümüzü hizaladığımız bir yıldızın diğer yıldızlara göre konumunun nasıl bir yıl içinde değiştiği gösterilmektedir.

nüzü açtığınız zaman parmağınızın değişen konumunun daha az olduğunu fark edeceksiniz. Bunun sebebi parmağınızın gözünüze daha uzak olmasıdır (Şekil 7(b)). Kısaca, Dünya gerçekten de hareket etmektedir, ama paralaks değişimi uzaklıkla birlikte çok büyük miktarlarda azalmaktadır ve yıldızlar çok ama çok uzaktadırlar. Bu yüzden yıldız paralaksı ilkel ekipmanlarla görülemez.

Zamanında Aristarkus'un Güneş merkezli evren modelini yanlışlayan kanıtlar çok fazlaydı, bu nedenle diğer filozof arkadaşlarının neden Dünya merkezli evren modeline sadık kaldıklarını anlayabiliriz. Bu geleneksel model son derece mantıklı, anlamlı ve kendisiyle uyumluydu. Evren görüşleri ve kendilerinin bu evrendeki konumlarından hoşnuttular. Ancak çok önemli bir sorun vardı. Güneş, Ay ve yıldızlar Dünya'nın etrafında düzenli bir şekilde dönüyor gibiydi ama beş gök cismi son derece düzensiz bir şekilde hareket ediyordu. Hatta bazen bu cisimler oldukları yerde duruyor ve ardından geriye dönüyorlardı. Bu gezgin asiler, bilinen diğer gezegenlerdi: Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn. Bu yüzden gezegen sözcüğü de "gezgin" sözcüğünden türetilmiştir (İngilizce'deki "planet" sözcüğü de Yunanca "gezgin" anlamına gelen "planitis"den gelmektedir¹). Benzer şekilde Babil dilinde gezegen anlamına gelen "*bibbu*" sözcüğü de vahşi koyun anlamındadır, çünkü gezegenler düzensiz bir şekilde etrafa yayılmışlardı. Antik Mısırlılar da Mars'a "*sekded-ef em hethet*" yani "geriye doğru gezinen" diyorlardı.

Dünya'nın Güneş'in etrafında yörüngede olduğu modern perspektifimizle, bu serseri gök cisimlerinin hareketlerini anlamamız çok kolaydır. Gerçekte gezegenler düzenli bir şekilde Güneş'in etrafında dönmektedir, ama biz onları hareket eden bir platformdan, yani Dünya'dan izliyoruz, bu yüzden de hareketleri bize düzensiz geliyor. Bu

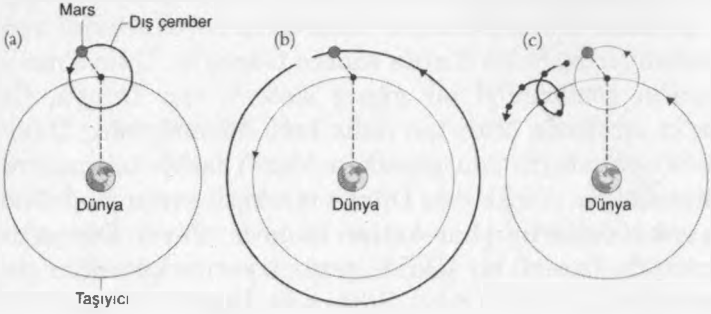
1. Ç.N: Eski Yunancada 'başiboş dolaşan' anlamında kullanılan "planitis" sözcüğünün yanı sıra, Arapçada da gezegene seyyare(dolanan) denmektedir.



Şekil 8: Mars, Jüpiter ve Satürn gibi gezegenler Dünya'dan izlendikleri zaman düzensiz hareket ediyor gibi görünürler. Şekil (a)da sadece Dünya, Güneş ve Mars'ın olduğu bir Güneş sistemi gösterilmektedir. 1. pozisyonda Mars'ın Dünya'nın ilerisinde hareket ettiğini görürüz, ve bu hareket 2. pozisyonda da devam eder. Ancak 3. pozisyonda Mars'ın durduğunu, ve 4. pozisyonda Dünya'nın sağına doğru hareket ettiğini, 5. pozisyonda ise iyice sağa kaydığını görürüz. Burada Mars tekrar durur, ve 6. ve 7. pozisyonlara geldiği zaman tekrar sola doğru ilerlemeye başlar. Elbette Mars sürekli olarak saat yönünün tersine düzenli bir şekilde gitmektedir, ama Dünya'dan bakıldığı zaman zikzak çiziyor gibi görünmektedir. Mars'ın bu hareketi Güneş merkezli bir evren modelinde mantıklı bir şekilde açıklanabilir. Şekil (b)de ise Dünya merkezli bir evren modeline inananların, Mars'ın hareketini nasıl gördüğü gösterilmektedir.

yüzden modern bakış açımızla geriye doğru gidiyormuş gibi görünen Mars, Satürn ve Jüpiter'in hareketlerini açıklayabiliyoruz. Şekil 8(a)'da sadece Güneş'in, Dünya'nın ve Mars'ın gösterildiği bir güneş sistemi var. Dünya, Güneş'in etrafında Mars'tan daha hızlı dönmektedir; Dünya Mars'ı yakalayıp onu geçerken Mars'ı farklı konumlarda görmekteyiz. Ancak eski Dünya merkezli evren modelinde bu gök cisimlerinin hareketleri bilmece gibiydi. Dünya'nın etrafında düzenli bir şekilde gezmek yerine zikzaklar çiziyor gibiydiler (Şekil 8(b)). Satürn ve Jüpiter de benzer bir hareket içindeydiler ve Antik Yunanlılar onları da zikzaklar çizen bir yörüngede düşünmüşlerdi.

Bu zikzaklı yörüngeler, antik Yunanlılar için büyük bir sorundu, çünkü Eflatun ve öğrencisi Aristoteles'e göre tüm yörüngelerin dairesel olması gerekiyordu. Onlara göre daire, basitliği, güzelliği ve başı ve sonu olmaması ile kusursuz şekildi; gökler mükemmelliğin diyarı olduğu için, gök cisimleri dairesel yörüngede olmak zorundaydılar. Birçok astronom ve matematikçi bu problemi çözmeye çalıştılar ve birkaç yüzyıl içinde akıllıca bir çözüm buldular. Eflatun ve Aristoteles'in dairenin mükemmelliği görüşüyle tezat oluşturmayacak bir şekilde, zikzaklı yörüngeleri iç içe daireler olarak açıklayan bir çözüm. Bulunan bu çözüm, M.Ö. II. yüzyılda İskenderiye'de yaşamış olan Batlamyus adında bir astronoma aitti. Batlamyus'un evren görüşü, herkesin bildiği ve doğru kabul ettiği gibi Dünya merkezli başlar. Dünya evrenin merkezinde ve sabittir, "aksi halde tüm hayvanlar ve yere bağlı olmayan her şey uçar giderdi". Ardından, Ay'ın ve Güneş'in hareketlerini basit daireler olarak açıkladı. Sonrasında, geriye doğru dönüş hareketlerini açıklayabilmek için Şekil 9'da gösterildiği gibi daireler içinde daireler olduğu teorisini geliştirdi. Periyodik olarak geriye dönüşleri açıklayabilmek için ilk önce taşıyıcı adı verilen bir daire ve bu daireye bağlı bir doğru çizdi. Bu doğrunun ucunda olan gezegen hem büyük dairenin etrafında dönecek hem de doğrunun ucunda olduğu için daha küçük bir daire daha çezecekti.



Şekil 9: Batlamyus'un evren modeli Mars'ın düzensiz yörüngesini daireler kullanarak açıklıyordu. Şekil (a) taşıyıcı denilen ana daireyi ve taşıyıcının ucundaki gezegeni göstermekte. Eğer taşıyıcı hareket etmez de dış çemberdeki gezegen dönerse Mars şeklindeki küçük daire üzerinde hareket eder. Şekil (b)'de dış çemberin hareket etmeyip taşıyıcının hareket etmesi durumunda Mars'ın tam bir daire çizceği gösterilmektedir. Şekil (c)'de hem taşıyıcının hem de dış çemberin dönmesi halinde nasıl bir hareket olacağı gösterilmektedir. Taşıyıcının ve dış çemberin çapları ve hızları ayarlanarak herhangi bir gezegene uyması sağlanabilir.

Şekil 9(a)'da gösterildiği gibi bu küçük daireye *dış çember* denmektedir.

Her ne kadar daireler ve doğrularla yapılan bu tanımlama Batlamyus'un düşüncesini genel hatlarıyla açıklasa da aslında Batlamyus'un modeli çok daha karmaşık. Öncelikle Batlamyus, bu modeli üç boyutlu olarak düşündü ve bu modeli kristal kürelerle yaptı. Ancak sadelik adına biz yine iki boyutlu olarak düşünmeye devam edeceğiz. Aynı zamanda, farklı gezegenlerin geriye dönüş hareketlerini doğru bir şekilde açıklayabilmek için her gezegenin taşıyıcı dairesinin ve dış çemberinin yarıçapını ve gezegenlerin hızlarını dikkatlice belirledi.

Batlamyus'un evren modeli için en iyi benzetme, bir lunapark olabilir. Ay, basit bir yörüngeyi izler, çocuklar için yapılmış basit bir atlı karınca gibi. Ancak Mars'ın yörüngesi, lunaparklarda bulunan *Ahtapot* gibidir; ahtapo-

tun bir kolunun ucunda 360 derece dönerken kendi etrafında da 360 derece dönmektedir. Bazen bu iki dairesel hareket birleşir ve daha da hızlı olur; bazen de iki hareket aksi yönlere doğrudur ve yavaşlar. Batlamyus'un terminolojisine göre ahtapot kabini, dış çemberi; ahtapotun kolu da taşıyıcı çemberi oluşturur.

Batlamyus'un Dünya merkezli evren modeli, her şeyin Dünya etrafında döndüğü ve gök cisimlerinin dairesel hareketler yaptığı inanışını desteklemek için geliştirilmişti. Bunun sonucunda korkunç derecede karmaşık; daireler, iç içe geçmiş çemberler, taşıyıcılar ve dış çemberlerle dolu bir model ortaya çıkmıştı. Arthur Koestler'in ilkel astronomi tarihçesi *Uyurgezer*'de, Batlamyus'un evren modeli "çökmüş bilimin ve yorgun felsefenin ürünü" olarak tanımlanır. Ancak her ne kadar son derece yanlış olsa da Batlamyus'un modelinin başarılı olduğu bir nokta vardı. Kendisinden önce geliştirilmiş hiçbir modelde olmadığı kadar gezegenlerin hareketlerini açıklamayı (yanlış bir açıklama getirmiş olsa da) başarmıştı. Temelde doğru olan Aristarkus'un Güneş merkezli evren modeli bile gezegenlerin hareketlerini bu kadar detaylı bir şekilde açıklamayı başaramamıştı. Bu yüzden Aristarkus'un modeli kaybolup giderken Batlamyus'un modelinin dayanması, anlaşılmasa da bir olay değildir. Tablo 2'de antik Yunanlıların anladıkları kadarıyla iki modelin güçlü ve zayıf noktaları listelenmiştir ve bu tablodan da görebileceğimiz gibi antik Yunanlılara göre Dünya merkezli evren modeli çok daha başarılı bir modeldi.

Batlamyus'un Dünya merkezli evren modeli M.S. 150 yıllarında yazılmış olan *He Megale Syntaxis*'de (Büyük Koleksiyon) yer alıyordu, ve bu kitap sonraki yüzyıllar boyunca astronomide en önemli kitap sayıldı. Hatta ve hatta o milenyumda Avrupa'da yaşamış bütün astronomlar, bu kitaptan etkilendi ve hiçbiri Dünya merkezli evren modelini ciddi bir şekilde sorgulamadı. M.S. 827 yılında *Syntaxis, Almagest* (Kitabül Mecisti- Büyük Kitap) adıyla Arapça'ya çevrildiği zaman daha da büyük bir okuyucu

Tablo 2: Bu tabloda Dünya ve Güneş merkezli evren modellerinin hangi kriterlere göre sınındığı ve nasıl sonuç alındığı gösterilmektedir. Kullanılan tikler ve çarpılar, modellerin test edildiği zamanda nasıl bir yargıda bulunulduğunu göstermektedir.

Kriterler	Dünya Merkezli Evren modeli	Başarı
1. Sağduyu	Her şeyin Dünya etrafında döndüğü bariz görünüyor	✓
2. Hareketin farkında olmak	Dünya'nın hareket ettiğini anlayamıyoruz, demek ki hareket etmiyor	✓
3. Yerçekimi	Her şey Evrenin merkezine gitmek istiyor, bu yüzden nesneler yere düşüyor	✓
4. Yıldız paralaksı	Yıldız paralaksının olmayışı Dünya'nın ve üzerindeki gözlemcilerin sabit olduğunu gösterir	✓
5. Gezegenlerin konumunu tahmin etme	Son derece başarılı bir şekilde tahmin edebiliyor - en iyisi	✓
6. Gezegenlerin düzensiz hareketleri	Dış çemberler ve taşıyıcılarla açıklanıyor	✓
7. Sadelik	Çok karmaşık	x

Soru işareti ise yeterince veri olmadığını göstermektedir. Her ne kadar Güneş merkezli evren modeli gerçeğe daha yakın olsa da, antik çağlarda Dünya merkezli evren modeline göre tek üstünlüğü sadeliği gibi görünüyordu.

Kriterler	Güneş Merkezli Evren modeli	Başarı
1. Sağduyu	Dünyanın Güneş'in etrafında döndüğünü görmek biraz hayal gücüne bakıyor.	x
2. Hareketin farkında olmak	Dünya dönüyorsa neden hareket etmediğimizi açıklamak çok zor	x
3. Yerçekimi	Dünya'nın evrenin merkezinde olmadığını söyleyen modelde yerçekimi tam olarak açıklanmıyor	x
4. Yıldız paralaksı	Dünya dönüyor, bu yüzden yıldız paralaksı vardır ama yıldızlar uzakta olduğu için daha iyi gözlem aletleri lazım?	?
5. Gezegenlerin konumunu tahmin etme	Dünya merkezli model kadar iyi değil?	?
6. Gezegenlerin düzensiz hareketleri	Dünya'nın hareketinin doğal bir sonucu	✓
7. Sadelik	Çok sade, her şey daireler içinde hareket ediyor	✓

kitlesine ulaştı. Avrupa'nın Orta Çağ'ı yaşadığı dönemde skolastisizmin içinde bulunduğu suskunluk sırasında, Batlamyus'un fikirleri Orta Doğu'da yaşayan büyük İşlam alimleri tarafından canlı tutuldu. İşlam Medeniyeti'nin altın çağında, Arap astronomlar birçok yeni astronomi aleti icat ettiler; önemli gözlemler yaptılar ve birçok rasathane inşa ettiler, ancak onlar da Batlamyus'un Dünya merkezli evren modelinden ve gezegenlerin daireler içindeki daireler içindeki dairelerde hareket ettiklerinden emindiler.

Avrupa, nihayet entelektüel uykusundan uyanmaya başladığı zaman Antik Yunanlıların bilgileri, Endülüs şehri olan ve çok büyük bir İşlami kütüphaneye sahip Toledo üzerinden tekrar Batı'ya gelmeye başladı. şehir, 1085 yılında Kral VI. Alfonso tarafından Endülüslerden alındığı zaman, Avrupa'nın dört bir yanındaki bilginlere dünyanın en geniş bilgi kaynağından yararlanma fırsatı doğmuştu. Kütüphanedeki eserlerin çoğu Arapça olduğu için ilk iş, endüstriyel düzeyde bir çeviri bürosu kurmak oldu. Birçok çevirmen, kitapları Arapça'dan İşpanyolca'ya çevirebilmek için yardımcılar kullandı; İşpanyolca'ya çevrilen kitaplar da sonrasında Latince'ye çevrildi. Ancak bu çevirmenlerin arasında çok yönlü ve yetenekli bir çevirmen vardı. Cremonalı Gerard, direkt ve düzgün bir çeviri yapabilmek için Arapça öğrenmişti. Gerard, Batlamyus'un eserinin Toledo'da olduğu söylentileri üzerine bu şehre gelmişti. Latince'ye çevirdiğı yetmiş altı kitap içinde en önemlisi ve başarılısı *Almagest*'di.

Gerard ve diğer çevirmenlerin çabaları sayesinde Avrupalı bilginler, geçmişin bilgileri ile tekrar tanışabildiler ve Avrupa'da astronomi araştırmaları tekrar başladı. Paradoksal olarak gelişmeler sekteye uğradı, çünkü Antik Yunan metinleri o kadar büyük bir saygı uyandırırıyordu ki kimse onları sorgulamaya cesaret edemiyordu. Klasik bilginlerin, anlaşılabilecek her şey hakkında uzmanlaştığı kabul ediliyordu ve *Almagest* gibi kitaplara kutsal kitaplarımış gibi davranılıyordu. Her ne kadar Antik Yunanlılar büyük çuvallamalara imza atmış olsalar da durum böyle-

di. Örneğin, aygırların ağızlarında kısıraklara oranla daha fazla diş olduğunu görüp erkeklerin ağızlarında kadınlardan daha fazla diş olduğu genellemesini yapan Aristoteles'in eserleri kutsal sayılıyordu. Her ne kadar iki kere evlenmiş olsa da görünüşe bakılırsa Aristoteles, eşlerinin ağızlarına hiç bakmamış. Olağanüstü bir mantıkçı olabilir ama deney ve gözlem kavramlarını tam olarak kavrayamadığı belli. Komik olan nokta, Avrupalı bilginlerin yüzyıllar boyu antik bilgiğe kavuşmayı beklemesi, sonrasında bu bilgeliğin içindeki hataları unutmak için yüzyıllar harcamasıdır. Gerçekten de Gerard'ın *Almagest*'i 1175 yılında çevirmesinden sonra, Batlamyus'un Dünya merkezli evren modeli dört yüzyıl daha yaşamaya devam etti.

Bu arada Kastilya ve Leon'un kralı X. Alfonso gibi birkaç kişi Batlamyus'un Dünya merkezli evren modelini biraz eleştirdiler. X. Alfonso, Toledo'yu başkenti yaptıktan sonra astronomlarına gezegenlerin hareketlerini gösteren *Alfonsine Şemalarını* yapmayı emretti. Bu şemalar, Arapça metinlere ve İspanyol astronomların kendi gözlemlerine dayanıyordu. Her ne kadar astronomiye çok büyük önem verse ve birçok astronoma hamilik yapıyor olsa da X. Alfonso, Batlamyus'un daireler içinde daireler, dış çemberler ve taşıyıcılarla dolu evren modelinden etkilenmemişti: "Yüce Tanrı evreni yaratmadan önce bana danışsaydı, daha basit bir şey yapmasını önerirdim."

Sonrasında, XIV. yüzyılda Fransa Kralı V. Charles'ın şapel papazı Nicole d'Oresme, Dünya merkezli evren teorisinin tam anlamıyla kanıtlanmadığını açıkça belirtti. Yine de bu modelin yanlış olduğunu söylemedi. Ve XV. yüzyılın Almanya'sında Kardinal, Kusalı Nikolas, Dünya'nın evrenin merkezi olmadığını söyledi ama evrenin merkezinin Güneş olabileceğini de söylemedi.

Yunanlıların kozmolojisine karşı gelip evreni başka bir düzenle tanımlayacak cesaretle bir astronomun ortaya çıkması için Dünya'nın XVI. yüzyıla kadar beklemesi gerekiyordu. Aristarkus'un Güneş merkezli evren modelini tekrar keşfedecek olan adam Mikolaj Kopernik adıyla vaf-

tiz edilmişti ama Dünya onu isminin Latincesiyle, Nicholas Copernicus olarak tanıyacaktı.

Devrim

Kopernik, 1473 yılında Polonya'nın Torun şehrinde, Vistül nehrinin kıyısında varlıklı bir ailenin oğlu olarak Dünya'ya geldi. Ermland Piskopos'u olan amcası Lucas sayesinde Frauenburg katedraline papaz olarak seçildi. İtalya'da hukuk ve tıp okuduğu için, birincil görevi amcası Lucas'ın sekreteri ve doktoru olmaktı. Bu görevler çok zahmetli olmadığı için Kopernik boş vakitlerini istediği gibi değerlendirebiliyordu. Uzman bir ekonomist oldu ve para birimi reformlarında danışmanlık yapmanın yanı sıra, tanınmamış Yunan şair Theophylactus Simocattes'in şiirlerini Latince yayınladı.

Ancak Kopernik'in en büyük tutkusu, astronomiydi. Öğrenciyken satın aldığı *Alfonsine Şemaları* sayesinde astronomiye ilgi duymaya başlamıştı. Bu amatör astronom gittikçe daha da artan bir şekilde gezegenlerin hareketlerini inceliyordu, ve fikirleri gelecekte onu bilim tarihinin en önemli figürlerinden biri yapacaktı.

Şaşırtıcı bir şekilde Kopernik'in astronomi üzerine çalışmaları, sadece bir buçuk yayından ibarettir. Daha da ilginç bu bir buçuk yayın kendisi hayattayken çok az okunmuştur. Astronomi üzerine yayınlarına bir buçuk denmesinin sebebi, yazdığı ilk eser olan *Commentariolus* (Ufak Yorumlar) yüzündendir. Bu ufak eser el yazısıyla yazılmış, hiçbir zaman resmi olarak basılmamış ve 1514 yılında sadece birkaç kişi tarafından okumuştur. Eserin küçüklüğü ve hiçbir zaman resmi olarak basılmaması yüzünden bu kitaba "buçuk" denmiştir. Yine de sadece yirmi sayfa içinde Kopernik, bin seneyi aşkın süredir astronomide ortaya çıkmış en radikal fikirle kozmosu salladı. Eserinin kalbinde evren tasavvurunu inşa ettiği yedi kural yatıyordu:

1. Gök cisimlerinin ortak bir merkezi yoktur.
2. Dünya'nın merkezi evrenin merkezi değildir.
3. Evrenin merkezi Güneş'e yakın bir yerdedir.
4. Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığı, Dünya'nın yıldızlara olan uzaklığıyla kıyaslandığı zaman önemsiz derecede azdır.
5. Yıldızların görünürdeki gündelik hareketleri Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönmesinin bir sonucudur.
6. Güneş'in görünürdeki yıllık hareketleri Dünya'nın Güneş etrafında dönmesinin bir sonucudur. Tüm gezegenler, Güneş etrafında dönmektedir.
7. Bazı gezegenlerin görünürdeki geriye dönüş hareketleri, bizim hareket halinde olan Dünya'dan bakmamızın bir sonucudur.

Kopernik'in kuralları her anlamda doğrudur. Dünya gerçekten dönüyor, Dünya ve diğer gezegenler gerçekten de Güneş'in etrafında dönüyordu. Bu bazı gezegenlerin geriye dönüş hareketlerini açıklıyordu ve yıldız paralaksını fark etmememizin sebebi, yıldızların çok uzakta olmalarıydı. Kopernik'in bu kuralları bulmasına ve geleneksel görüşleri yıkmasına kim yardımcı oldu bilinmiyor; ama belki de bu kişi İtalya'daki profesörlerinden biri olan Domenico Maria de Novara'ydı. Novara, 1700 yıl önce Güneş merkezli evren modelini ortaya atan Aristarkus'un felsefesinin altında yatan Pisagor öğretisini benimsemişti.

Commentariolus, astronomik bir isyanın manifestosu idi. Kopernik'in Batlamyus'un evren modelinin çirkin karmaşıklığı karşısında duyduğu hayal kırıklığı ve hüsrarının bir yansımasıydı. Sonraki zamanlarda, Dünya merkezli evren modelinin derme çatma yapısını şu şekilde eleştirecekti: "Sanki bir ressam çizdiği resmin ellerini, ayaklarını, başını ve diğer parçalarını farklı modellere bakarak tamamlamıştı. Her bir parça mükemmel bir şekilde çizilmiş ama aynı bedene ait değildir. Parçalar birbirlerine

hiç benzemediği için sonuç da bir insanın değil bir canavarın resmi oluyor.” Yine de, radikal içeriğine rağmen kitap-
çık Avrupa’nın entelektüelleri arasında hiç yankı uyandırmadı. Bunun nedeni hem çok az insanın bu kitapçığı okumuş olması hem de yazarının Avrupa’nın kıyısında bir yerde çalışan basit bir papaz olmasıydı.

Kopernik umutsuzluğa kapılmadı çünkü bu, astronomiyi değiştirme çabalarının sadece başlangıcıydı. 1512 yılında amcası Lucas öldüğü zaman (amcası, onu “insan şeklindeki şeytan” olarak tanımlayan Töton Şövalyeleri tarafından zehirlenerek öldürülmüş olabilir), araştırmalarına ayırabileceği daha fazla zamanı oldu. Frauenburg Şatosuna taşındı, ufak bir rasathane inşa etti, ve argümanını güçlendirmek için *Commentariolus*’da eksik olan matematiksel bilgileri ekleme çalışmalarına başladı.

Kopernik sonraki otuz seneyi *Commentariolus*’u üzerinde tekrar çalışarak geçirdi ve iki yüz sayfalık bir kitap hazırladı. Bu uzun çalışma sürecinin çoğunu bilinen bilgelik anlayışına tamamen zıt olan modelinin diğer astronomlar tarafından nasıl karşılanacağını merak ederek geçirdi. Çoğu zaman dünyanın her tarafında kendisiyle dalga geçileceği korkusu yüzünden çalışmalarını hiç yayınlamamayı bile düşündü. Dahası teologların onun çalışmalarını din karşıtı bilimsel spekülasyon olarak görmelerinden de korktu.

Aslında korkmakta haklıydı. Kilise Kopernik’ten sonra gelen ve Dünya merkezli evren modeline karşı olan nesilden olan İtalyan filozof Giordano Bruno’yu idam edecekti. Engizisyon Bruno’yu sekiz ayrı sapkınlıkla suçladı, ama şu anda var olan kayıtlar bu sapkınlıkların ne olduğunu açıklamamaktadır. Tarihçiler, Bruno’nun evrenin sonsuz olduğunu, yıldızların kendi gezegenleri olduğunu ve bu gezegenlerde yaşam olabileceğini savunan *Sonsuz Evren ve Dünyalar* adlı eseri yüzünden mahkum edildiğini düşünmektedirler. Suçları yüzünden idama mahkûm edilen Bruno; “Belki de beni ölüme mahkum eden sizler, mahkûm edilen ben olduğum halde daha çok korkmakta-

sınız” demiştir. 17 Şubat 1600 tarihinde, Roma’daki Campo dei Fiori’ye (Çiçek Meydanı) götürüldü, anadan üryan soyuldu, ağzı tıkandı, bir direğe bağlandı ve yakıldı.

Kopernik’in mahkum edilme korkusu araştırmalarına erken bir son olabilirdi, ama Wittenbergli genç bir Alman bilgin araya girdi. 1539’da Rheticus olarak bilinen Georg Joachim von Lauchen, Kopernik’i bulmak ve kozmolojik modeli hakkında daha fazla bilgi edinmek için Frauenburg’a gitti. Bu çok cesur bir hareketti çünkü Lüteryen Rheticus, Katolik Frauenburg’da hoş karşılanmamakla kalmayacak, kendisiyle aynı görüşte olanlar da bu hareketine karşı gelecekti. Bir yemek toplantısı sırasında Martin Luther, Kopernik hakkında “Güneş ve Ay yerine Dünya’nın hareket ettiğini söyleyen yeni bir astronom olduğu söylentisi var. Sanki bir at arabasında veya gemide yolculuk eden birinin kendisinin sabit olduğunu, yerin ve ağaçlarınsa hareket ettiğini sandığı gibiymiş... Ahmak tüm astronomi sanatını altüst etmek istiyor.” dedi.

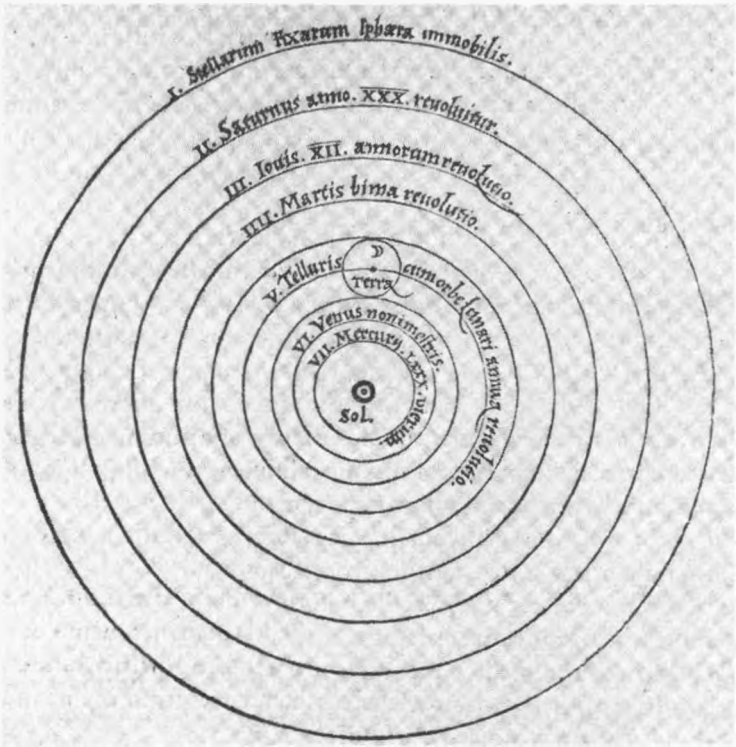
Luther, kutsal metinlere karşı gelen Kopernik’e ahmak diyordu ama Rheticus, gökler hakkındaki gerçekleri öğrenmenin yolunun dinde değil bilimde yattığına inanan Kopernik’e inanıyordu. Altmış altı yaşındaki Kopernik, yirmi beş yaşındaki Rheticus’un ilgisinden memnun olmuştu. Rheticus, üç yıl boyunca Kopernik’in yanında Frauenburg’da kaldı, Kopernik’in yazılarını okudu, onunla tartıştı ve güvenini tazeledi.

1541 yılına gelindiği zaman Rheticus, Kopernik’in çalışmalarını Nuremberg’de, Johannes Petreius matbaasında basmak için Kopernik’i ikna etmeyi başardı. Tüm basım işlerini görmek için Nuremberg’de kalmayı istiyordu, ama acil bir iş nedeniyle Leipzig’e çağrıldığı için basım işlerine baksın diye Andreas Osiander adında bir rahibe vekalet verdi. Sonunda 1543 baharında *De Revolutionibus orbium celestium* (Gök Kürelerin Dolanımı Üzerine) adlı eser basıldı ve birkaç yüz kopya Kopernik’e gönderildi.

Bu sırada, 1542 yılının sonlarında Kopernik beyin kanaması geçirmişti ve yatalak bir şekilde, hayatını adadığı

kitabını görebilmek için yaşam savaşı veriyordu. Eserinin kopyaları ona tam zamanında ulaştı. Kopernik'in arkadaşı papaz Giese, Rheticus'a bir mektup yazarak, Kopernik'in son anlarını şöyle anlatıyordu: "Günlerdir hafızasını, ve akli gücünü yitirmişti; ölmeden an evvel tamamlanmış kitabını görebildi."

Kopernik görevini tamamlamıştı. Kitabı, Dünya'ya Aristarkus'un Güneş merkezli modelini kanıtlayıcı argümanlar sunuyordu. *De Revolutionibus* önemli bir eseri ancak içeriği üzerinde durmadan önce, kitabın basımıyla



Şekil 10: Kopernik'in *De Revolutionibus* kitabından alınan bu çizim Kopernik'in devrim yaratan evren modelini göstermektedir. Güneş her şeyin merkezindedir ve Dünya'nın yörüngesinde sadece Ay vardır.

ilgili iki gizemi açıklamak gerekmektedir. Birincisi, Kopernik'in eksik olarak yazdığı takdim bölümü. *De Revolutionibus*'un takdim bölümünde Papa III. Paul, Capua Kardinali ve Kulm Piskoposu gibi birçok insanın ismi anılıyordu ama kitabın ortaya çıkmasında azımsanamayacak derecede çok katkısı olan çırağı Rheticus'un ismi anılmamıştı. Tarihçiler; Kopernik, etkilemeye çalıştığı katolik hiyerarşisinin bir Protestan'ın adının kitapta yazılı olmasına karşı gelmelerinden korktuğu için Rheticus'un adının yazılmadığını tahmin etmektedir. Takdimde ismi yazılmadığı için Rheticus kendisini hiçe sayılmış hissetti ve basıldıktan sonra *De Revolutionibus*'la hiç ilgilenmedi.

İkinci gizemli olay, Kopernik'in izni dışında kitaba eklenen ve iddialarının inandırıcılığını çürüten önsözdür. Kısaca önsöz, kitabın içeriğinin "doğru, hatta olası bile olmayabileceğini" belirtiyordu. Güneş merkezli evren modeli içindeki absürtlükleri vurguluyor ve Kopernik'in hayatı boyunca uğraşarak tamamladığı matematiksel hesapları ve detaylı açıklamaları hikâye boyutuna indirgiyordu. Önsöz, Kopernik'in sisteminin gözlemlerle mantıklı bir ölçüde uyumlu olabileceğini ama teorinin gerçekleri yansıtmaktan ziyade hesaplama yapmak için uygun bir yöntem olduğunu söyleyerek Kopernik'in tüm teorisini sakatlıyordu. Kopernik'in kitabının el yazmaları hâlâ mevcut olduğu için asıl önsözün, basılmış önsözden farklı olduğunu görebiliyoruz. Bu yüzden yeni önsöz, Rheticus Fraenburg'dan ayrıldıktan sonra eklenmiş olmalı. Bu da demektir ki kitabın basılmış halini ilk defa ölüm döşeginde okuyan Kopernik, bu önsözü değiştiremedi. Belki de önsözü okumasıyla birlikte canını teslim etti.

Peki bu yeni önsözü kim ekledi? En büyük şüpheli kitabı basma sorumluluğunu üstlenen rahip Osiander. Düşünceleri herkes tarafından öğrenildiği zaman Kopernik'in mahkûm edilmesinden korkmuş ve iyi niyetli bir şekilde Kopernik'i korumak ve eleştirmenleri yatıştırmak için bu önsözü eklemiş olabilir. Osiander'in endişelerinin kanıtı, Rheticus'a yazdığı ve Dünya merkezli evren mode-

line inanan Aristotelesçilerden bahsettiği şu mektupta bulunabilir: “Aristotelesçilere ve teologlara kitaptaki düşüncelerin gerçeklik iddiasının olmadığını ama görünüşte karmaşık olan gezegen hareketlerini hesaplamak için en uygun yöntem olduklarını söylersek, onları yatıştırabiliriz”

Ancak kendisinin yazdığı önsözde Kopernik, kendisini eleştireceklere karşı güçlü bir savunma yapma niyetinde olduğunu belli ediyordu: “Belki de bazı ahmaklar, matematik hakkında tamamen cahil olmalarına rağmen matematiksel sorunlar hakkında hüküm verme görevini üstleneceklerdir ve İncil’in bazı bölümlerini işlerine geldiği gibi yorumlayıp benim eserimde kusur bulmaya uğraşacaklardır. Onların eleştirilerinin temelsiz olduklarını düşünüyorum ve dikkate almıyorum.”

Antik Yunanlılardan beri en önemli ve sansasyonel başarıyı yayınlamak için cesaretini topladıktan sonra, Kopernik ölüm döşeginde Osiander’ın hayatının birikimi eserini bir hikâyeye çevirdiğini bilerek can verdi. Sonuç olarak basıldıktan bir süre sonra *De Revolutionibus*, ne halk ne de Kilise onu ciddiye almadığı için kaybolup gitti. Kitabın ilk baskısı tükenmedi ve sonraki yüzyılda sadece iki kere basıldı. Buna karşın Batlamyus modelini anlatan astronomi kitapları aynı dönemde sadece Almanya’da yüz kere basıldı.

Ancak *De Revolutionibus*’un bu kadar az ilgi görmesinin tek sebebi Osiander’ın korkak ve uzlaştırmacı önsözü değildi. Bir diğer önemli sebep, Kopernik’in, dört yüz sayfalık yoğun ve karmaşık bir metinle sonuçlanan kötü üslubuydu. Daha da kötüsü bu kendisinin astronomi üzerine ilk kitabıydı ve Kopernik ismi Avrupalı entelektüel çevrelerce tanınmıyordu. Yine de Kopernik ölmemiş olsaydı ve kitabını tanıtabilseydi, tanınmaması o kadar önemli olmazdı. Kitabın başarısızlığının bir diğer sebebi de kitabın tanıtımını yapıp savunabilecek tek insan olan Rheticus, Kopernik’e küsmüştü ve artık onun sistemiyle birlikte anılmak istemiyordu.

Tüm bunlar yetmezmiş gibi, Aristarkus'un orijinal Güneş merkezli evren modeli gibi, *De Revolutionibus*'da öne sürülen sistem, gezegenlerin gelecekteki konumlarını tahmin etmek hususunda Batlamyus'un sistemi kadar başarılı değildi. Bu anlamda temel olarak doğru olan Kopernik sistemi, yanlış olan Batlamyus'un sistemiyle yarışmıyordu. Bu garip durumun iki sebebi vardı. Öncelikle Kopernik'in modelinde, modelin doğruluğunu baltalayan çok önemli bir eksik vardı. Dahası Batlamyus'un modelinde, gezegenlerin gelecekteki konumlarını hesaplayabilmek için onların taşıyıcıları, dış çemberleri ve tüm hesaplamalarıyla oynanmıştı, ve herhangi yanlış bir modelle yeterince oynarsanız doğruymuş gibi görünebilir.

Elbette Kopernik'in modeline, Aristarkus'un modeline yapılan eleştirilerin hepsi yöneltilmişti (bknz. Tablo 2). Güneş merkezli evren modelinin, diğerine nazaran hâlâ tek bir artısı vardı, sade olması. Her ne kadar Kopernik de dış çemberleri eklemeyi düşünmüş olsa da Batlamyus'un her gezegen için ayrı ayrı geliştirilmiş dış çemberler, taşıyıcılar vs. bulunan modelinin aksine, Kopernik'in modelinde her gezegen için sadece bir dairesel hareket vardı.

Kopernik'in şansına sadelik, on dördüncü yüzyılda yaşamış İngiliz Occamlı William tarafından da belirtildiği gibi önemli bir bilimsel nitelik. Occamlı William, Fransisken bir rahipti ve tarikatların mülk ve zenginlik sahibi olmamaları gerektiğini söylediği için daha yaşarken büyük bir ün kazanmıştı. Görüşlerini öyle bir hararetle savunuyordu ki Oxford Üniversitesi'nden atıldı ve Güney Fransa'da Avignon'a gitmek zorunda kaldı ve burada da Papa'yı sapkınlıkla suçladı. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde aforoz edildi. 1349 yılında kara veba yüzünden öldükten sonra da Occam'ın usturası olarak bilinen bilimsel mirasıyla da ünlü oldu. Occam'ın usturasına göre, diğer her şeyin eşit olduğu iki rakip teoriden daha sade olanının doğru olması daha olasıdır. Occam bunu şöyle belirtiyordu: *pluralitas non est ponenda sine necessitate* (şeyler gerekli olduklarından daha fazla çoğaltılmamalıdır).

Örneğin, fırtınalı bir akşamdan sonra yolda giderken yolun ortasına devrilmiş iki ağaç olduğunu hayal edin. Ağaçların neden devrildiklerine dair bariz bir sebep olmasın. İlk akla gelen sade tahmin, ağaçların fırtına tarafından devrildiklerini söyleyecektir. Daha karmaşık bir tahminse, uzayın derinliklerinden gelen bir çift ikiz meteorun aynı anda ağaçlara çarparak onları devirdiğini, ardından da birbirlerine çarparak buharlaşıp kaybolduğunu, böylece arkalarında bir iz bırakmadığını söyleyebilir. Occam'ın usturasını kullanarak ikiz meteorlar yerine daha sade bir tahmin olan fırtınanın ağaçları devirdiğinin daha olası olduğunu söyleyebiliriz. Occam'ın usturası doğru cevabı bulmamızı garanti edemez ama genellikle doğru cevaba yönlendirir. Doktorlar genellikle Occam'ın usturasını kullanırlar ve bir hastalığa teşhis koyarken tıp öğrencilerine, “nal sesleri duyduğunuz zaman zebraları değil, atları düşünün” şeklinde nasihat verirler. Öbür yanda, komplo teorisyenleri Occam'ın usturasını sevmezler ve basit bir açıklamadansa daha karmaşık ve entrika dolu bir açıklamayı benimserler.

Occam'ın usturası, Batlamyus'un modeli yerine Kopernik modelini daha uygun bulur ama Occam'ın usturası her iki teori eşit şekilde başarılıysa geçerlidir ve XVI. yüzyılda Batlamyus'un modeli birçok yönden hâlâ daha başarılıydı, çünkü gezegenlerin gelecekteki konumları hakkında daha başarılı tahminler yapabiliyordu. Bu yüzden Güneş merkezli modelin sadeliği önemsenmemişti.

Ayrıca hâlâ birçok insan için Güneş merkezli evren modeli düşünölmeyecek kadar radikal bir fikirdi. Hatta, Kopernik'in eseri eski bir sözcöge yeni bir anlam verilmesine bile sebep olmuş olabilir. Etimolojik bir teori geleneksel bilginin tam tersi anlamına gelen “Devrimci²” sözcöğü-

2. Yazar İngilizcedeki “Revolutionary” kelimesine atıfta bulunmaktadır. Kopernik'in kitabının İngilizcesi, “On the Revolutions of Heavenly Bodies”dir. Revolution kelimesi günümüzde hem dolanım, hem de devrim anlamlarına gelmektedir. ç.n.

nün köken olarak Kopernik'in kitabından esinlenerek üretildiğini iddia eder. Devrimci olmasının yanı sıra Kopernik'in Güneş merkezli modeli, tamamen imkânsız gibi görünüyordu. Dahası Kopernik isminden türetilen Almanca'daki *köpperneksch* sözcüğü Kuzey Bavyera'da inanılmaz veya mantıksız bir durumu tanımlamak için kullanılır.

Her şeyi hesaba kattığımız zaman Güneş merkezli evren modeli zamanın ötesinde bir düşüneydi, çünkü çok devrimci, inanılmaz ve geniş bir destek elde edemeyecek kadar kusurluydu. *De Revolutionibus* birkaç kütüphaneye, birkaç rafa girebildi ve sadece birkaç astronom tarafından okunabildi. Güneş merkezli evren teorisi ilk olarak M.Ö. V. yüzyılda Aristarkus tarafından önerilmiş ve umursanmamıştı; şimdi Kopernik tarafından tekrar keşfedilmişti ve tekrar umursanmıyordu. Güneş merkezli evren modeli bir kış uykusuna yatacak, kendisini yeniden hayata kavuşturacak, inceleyecek, olgunlaştıracak, eksik noktasını bulacak, ve Dünya'ya Kopernik modelinin gerçeği yansıttığını kanıtlayacak birini bekleyecekti. Gerçekten de bir sonraki neslin astronomları, Batlamyus'un yanlışlığını ve Aristarkus ile Kopernik'in doğru olduğunu ispatlayacak eksik noktayı bulacaklardı.

Göklerin Kalesi

1546'da Danimarkalı asil bir ailenin çocuğu olarak Dünya'ya gelen Tycho Brahe, astronomlar arasında iki sebepten ötürü ün kazanmıştır. İlk sebep, 1566 yılında Tycho'nun astrolojik bir kehanetinde yanılması üzerine kuzeni tarafından hakarete uğraması ve aşağılanması sonucunda aralarında çıkan kavga yüzündendir. Tycho, Kanuni Sultan Süleyman'ın öleceği kehanetinde bulunmuş ve kehanetini Latince bir şiirin içinde gizlemişti ancak Kanuni Sultan Süleyman'ın altı ay önce öldüğünü bilmi-



Şekil 11: Hven adasındaki Uraniborg rasathanesi; tarihteki en zengin ve hedonistik astronomi rasathanesi.

yordu. Kuzeniyle arasındaki tartışma bir düelloyla sonuçlandı. Kılıç düellosu sırasında Parsberg'in kılıcı Tycho'nun alnında bir kesik açtı ve burun köprüsünü yaraladı. İki santim daha derinden kesseydi Tycho ölebilirdi. Bu olaydan sonra Tycho, altın gümüş bileşimi, ten rengine uyumlu yapay bir burun takmaya başladı.

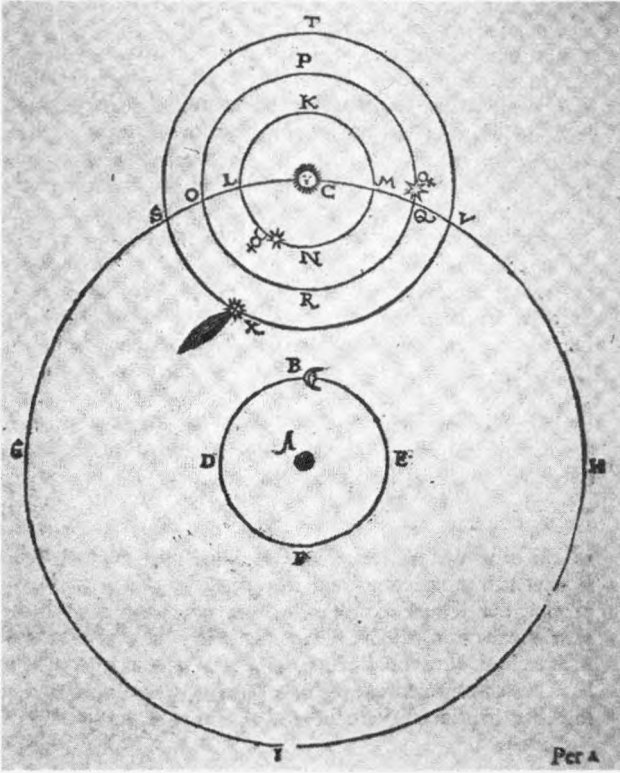
Tycho'nun ününün ikinci ve daha önemli sebebi ise gözlemsel astronomiyi çok daha ileri seviyede bir kusursuzluğa taşımasıdır. O kadar büyük bir ün kazandı ki Danimarka Kralı II. Frederik kendisine Danimarka kıyısından 10 km. açıktaki Hven adasını hediye etti ve orada bir rasathane kurması için ona para yardımında bulundu. Uraniborg (Göklerin Kalesi) yıllar sonra, Danimarka'nın gayri safi milli hasılasının %5'ini harcayacak kadar büyük bir kale olacaktı. Uraniborg'a ayrılan bu yüzdelik oran, Dünya'da araştırma merkezi harcamalarına verilmiş en büyük yüzdedir.

Uraniborg'da bir kütüphane, bir kağıt atölyesi, bir matbaa, bir simya laboratuvarı, bir demir ocağı ve isyankâr hizmetçiler için bir hapishane bulunmaktaydı. Gözlem kulelerinde sekstantlar, kadranlar ve yıldız küreleri gibi devasa aletler vardı (henüz lenslerin potansiyeli keşfedilemediği için bu aletlerin hepsi çıplak gözle yapılan gözlemler içindi). Aynı anda birçok farklı gözlem yapılabilmesi için her enstrümandan dört set bulunuyordu, ve böylece yıldızların ve gezegenlerin açısal konumları hesap edilirken minimum hata yapılması sağlanıyordu. Tycho'nun gözlemleri genellikle 1/30°'ye kadar, yani kendisinden önceki gözlemlerden 5 kat daha güvenilirirdi. Belki de takma burnunu yerinden çıkarıp daha iyi bakabildiği için bu kadar iyi ölçüm yapabiliyordu.

Tycho o kadar ünlüydü ki birçok asil ve önemli şahsiyet, onu rasathanesinde ziyaret ediyordu. Bu ziyaretçiler Tycho'nun araştırmaları kadar, Avrupa'nın dört köşesinde ünlenmiş Uraniborg'un çılgın partilerini de merak ediyorlardı. Tycho sınırsız alkol, mekanik heykeller ve çok iyi bir medyum olduğu rivayet edilen Jepp adındaki ozan bir cü-

ceyle misafirlerini eğlendiriyordu. Gösteriye ek olarak Tycho'nun evcil bir geyiği vardı ve kalenin her yerinde özgürce dolaşabiliyordu ama maalesef bu geyik bir gece çok fazla alkol içtikten sonra merdivenlerden düşerek ölmüştü. Uraniborg, bir araştırma merkezinden çok kaçık bir film setine benziyordu.

Her ne kadar Tycho geleneksel Batlamyus astronomi geleneklerine göre eğitilmiş olsa da gözlemleri antik evren



Şekil 12: Tycho'nun evren modeli Batlamyus'la aynı hatayı yapar ve Dünya'yı evrenin merkezine koyar. Güneş ve Ay, Dünya'nın çevresinde yörüngedeyken gezegenler ve kuyrukluyıldızlar, Güneş'in çevresinde dönmektedir. Bu çizim Tycho'nun *De mundi aetheri* kitabından alınmıştır.

düşüncesine olan inancını tekrar sorgulamaya zorladı. Hatta Kopernik'in *De Revolutionibus* kitabının bir kopyasının kütüphanesinde olduğunu ve Kopernik'in düşüncelerine ılımlı yaklaştığını biliyoruz, ama Kopernik'in düşüncelerini savunmak yerine Batlamyus ile Kopernik modelleri arasında bir yerde bulunan kendi evren modelini geliştirdi. Kopernik'in ölümünden neredeyse elli yıl sonra Tycho *De mundi aetheri recentioribus phaenomenis* (Semavi Alemin Yeni Fenomeni) adlı kitabını yayınladı. Kitabında Şekil 12'de gösterildiği gibi gezegenlerin Güneş etrafında döndüğünü ancak Güneş'in de Dünya etrafında döndüğünü savunuyordu. Açık görüşlülüğü Güneş'i gezegenler için bir merkez noktası olarak kabul etmesine, muhafazakârlığı ise Dünya'yı hâlâ evrenin merkezi olarak saymasına neden oldu. Evrenin merkezi olarak hâlâ Dünya'yı göstermesinin sebebi, objelerin Dünya'nın merkezine doğru düşmesini yani yerçekimini açıklayabilmek içindi.

Tycho, astronomik gözlem programının bir sonraki safhasına devam edemeden araştırmaları büyük bir sekteye uğradı. Finansörü olan Kral Frederick, Tycho *De mundi aetheri*'yi yayınladığı yıl şatafatlı bir içki alemi sonrasında öldü, ve yeni Kral IV. Christian, Tycho'nun görkemli rasathanesini ve hazcı yaşam tarzını daha fazla finanse etmek istemiyordu. Tycho'nun Uraniborg'u ve Danimarka'yı terk etmekten başka şansı kalmamıştı. Ailesi, asistanları, cüce Jepp ve kağıtlar dolusu astronomi ekipmanıyla birlikte ayrıldı. Tycho'nun astronomi aletleri taşınabilir mallardı, çünkü daha önceden de söylediği gibi "Bir astronom kozmopolit olmalıdır, çünkü cahil devlet adamları onların gerekliliğini anlamayabilir"

Tycho Brahe, Prag'a göç etti ve İmparator II. Rudolph onu İmparatorluk Matematikçisi olarak atadı ve Benatky Şatosunda yeni bir rasathane kurmasına izin verdi. Bu yer değiştirmenin iyi bir yönü de birkaç ay sonra şehre taşınan Johannes Kepler adında bir asistanla çalışmaya başlayacak olmasıydı. Lüteryen mezhebine inanan Kepler memleketi olan Graz'dan ayrılmaya zorlanmıştı. Sapkın-

büyük dertlerle boğuşan alt sınıf bir ailenin çocuğuydu. Sonuç olarak büyüdüğü zaman, kendine güveni ve saygısı çok az olan hastalık hastası bir adam olmuştu. Üçüncü şahıs olarak yazdığı ve kendini aşağılayan burcunda, kendisini ufak bir köpek olarak anlatıyordu:

“Kemik ve kuru ekmek parçalarını kemirmeyi sever ve o kadar açgözlüdür ki gözü neyi görse ister. Ancak yine bir köpek gibi çok az içer ve az yemekle tatmin olur... Sürekli başkalarının kendisi hakkında iyi düşünmesini ister ve her şey için başkalarına muhtaçtır. Başkalarının her dileğini yerine getirmeye çalışır, onu aşağıladıkları zaman kızmaz, ve tekrar onlara yaranmaya uğraşır... Köpekler gibi banyo yapmaktan, ilaçlardan ve losyonlardan korkar. Mars’ın Merkür’e dik ve Ay’a 120 derece açıyla gelmesi sonucu pervasızlığının da sonu yoktur.”

Astronomiye olan tutkusu, kendisine olan nefretini azaltan tek şeydi. Kopernik’in *De Revolutionibus*’unu savunan ilk eseri *Mysterium cosmographicum*’u yirmi beş yaşındayken yazdı. Güneş merkezli evren modelinin doğruluğundan emin bir şekilde, modelin gezegenlerin konumlarını hesaplamada niye hata yaptığını bulmaya kendisini adadı. Kopernik’in asistanı Rheticus’u da deliye çeviren en büyük sorun, Mars’ın yörüngesini tam olarak hesaplamaktı. Kepler’e göre, Rheticus Mars problemi karşısında o kadar çaresiz kalmıştı ki “son çare olarak koruyucu meleşine, ona yardım etmesi için yalvarmış, fakat terbiyesiz melek Rheticus’u saçlarından yakaladığı gibi kafasını tavana vurmuş, sonra da yere çarpmıştı”

En sonunda Tycho’nun gözlemlerine kavuşan Kepler, Mars problemini çözüp Güneş merkezli evren modelindeki hataları sadece sekiz gün içinde gidereceğinden emindi. Sekiz sene bu problem üzerinde çalıştı. Kepler’in Güneş merkezli evren modelini kusursuz hale getirmek için harcadığı zamanı vurgulamakta yarar var: Sekiz sene! Çalışmalarının aşağıdaki kısa özeti, muazzam başarısını gözünüzde küçültmesin; Kepler’in nihai çözümü, dokuz yüz sayfaı dolduran zorlu hesaplamalarının bir sonucuydu.

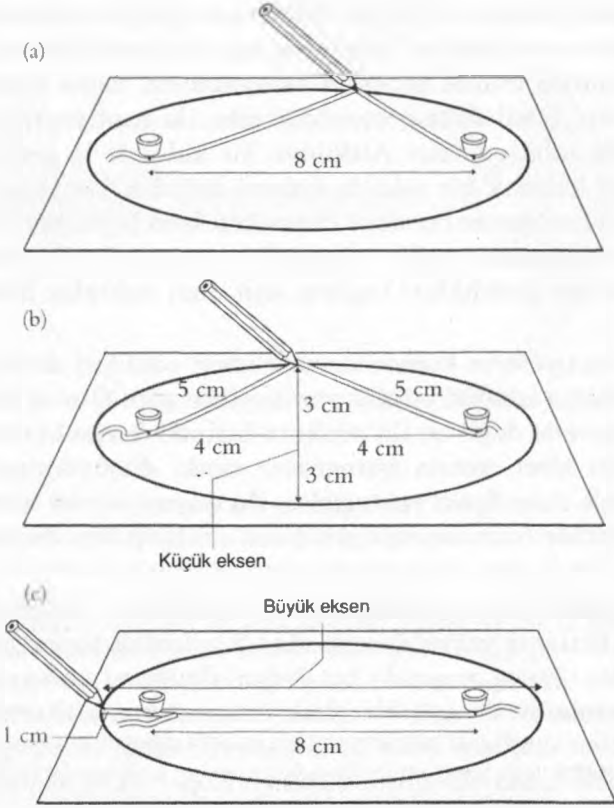
Kepler, bu atılımını antik prensiplerden biri olan gök cisimlerinin mükemmel daireler içinde döndüğü prensibini hiçe sayarak gerçekleştirmişti. Kopernik bile bu dairesel dogmaya bağlı kalmıştı, ve Kepler Kopernik'in hatalı bir şekilde bu prensibe bağlı kaldığını gösterdi. Kepler, Kopernik'in üç noktada hatalı tahminler yaptığını belirtti:

1. Gezegenler kusursuz dairelerde hareket ederler
2. Gezegenler sabit hızlarda hareket ederler
3. Bu yörüngelerin tam merkezinde Güneş vardır

Her ne kadar gezegenlerin Dünya'nın değil de Güneş'in etrafında döndüğünü söylemekte haklı olsa da, bu üç yanlış tahmine bağlı kalması Mars'ın ve diğer gezegenlerin hareketlerini hatasız bir şekilde ölçmesini engellemişti. Ancak Kopernik'in başaramadığını Kepler başarmıştı, çünkü bu varsayımları kabul etmekten vazgeçti. Ancak tüm ideolojiler, önyargılar ve dogmalar bir kenara itildiği zaman gerçeğin ortaya çıkabileceğine inanıyordu. Gözlerini ve zihnini açtı, Tycho'nun gözlemlerini kendisine temel olarak aldı ve bu veriler üzerine modelini inşa etti. Yavaş yavaş evrenin tarafsız bir modeli ortaya çıkmaya başladı. Kepler'in gezegenlerin yörüngelerini açıklayan formülleri, gözlemlerle uyumluydu ve en sonunda Güneş sistemi bir şekil almaya başladı. Kepler, Kopernik'in hatalarını ortaya çıkardı ve gösterdi ki:

1. Gezegenlerin yörüngeleri mükemmel bir daire değil, elips şeklindedir,
2. Gezegenlerin hızları sürekli değişmektedir,
3. Güneş, bu yörüngelerin tam olarak merkezinde değildir,

Gezegenlerin yörüngelerine ilişkin gizemi çözdüğünü anladığı zaman Kepler bağırdı: "Ey yüce Tanrım! Senin düşüncelerini düşünüyorum"



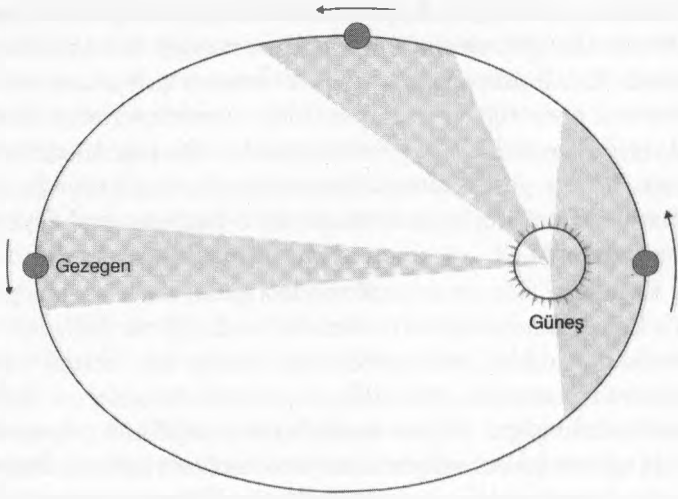
Şekil 13: Elips çizmenin en basit yolu, Şekil (a)da gösterildiği gibi iki raptiyeye bağlı bir ip kullanmaktır. Eğer ip 10 cm ise ve raptiyelerin aralığı da 8 cm ise, elipsin üzerindeki her noktanın iki raptiyeye toplam uzaklığı 10 cm.dir. Örneğin Şekil (b)de 10 cm.lik ip, hipotenüsü 5 cm olan iki üçgen oluşturmaktadır. Pisagor'un formülüne göre bu iki üçgenin de yüksekliği 3 cm. olmalıdır. Buna göre elipsin küçük eksenini 6; büyük eksenini 10 cm. olmalıdır. Elipsin küçük eksenini 6; büyük eksenini 10 cm. olduğu için elips gayet basıktır. Raptiyeler birbirlerine yaklaştırıldıkça elipsin görünümü bir daireye benzer.

Aslında Kepler'in Güneş sisteminin yeni modelindeki ikinci ve üçüncü önermeler, gezegenlerin elips şeklinde hareket ettiğini söyleyen ilk önermenin bir sonucudur. Elipsler ve elipslerin nasıl oluştuğu hakkında biraz bilgimiz olunca bunun sebebini anlayabiliriz. Elips çizmenin bir yolu, Şekil 13'te gösterildiği gibi, iki raptiyeyle bir ipi kağıda sabitlemektir. Ardından bir kalemle ip gerilir. İp gergin kalacak bir şekilde kalemi kağıdın üzerinde sağa sola oynatırsanız bir elips çizersiniz. İpin boyu ve raptiyeler sabittir, bu yüzden elipsin bir tanımı da iki merkez noktasına uzaklıkları toplamı eşit olan noktalar kümesidir.

Raptiyelerin konumlarına elipsin odakları denir. Gezegenlerin izlediği eliptik yörüngelere göre Güneş elipsin merkezinde değil bu iki odaktan birinde durmaktadır. Bu yüzden kimi zaman gezegenler sanki düşüyormuş gibi Güneş'e daha fazla yaklaşırlar. Bu düşme süreci boyunca gezegenler hızlanır, ve Güneş'ten uzaklaştıkça da yavaşlar.

Kepler yaptığı matematiksel hesaplarla, Güneş etrafında hızlanıp yavaşlayarak eliptik yolculuk yapan bir gezegenle Güneş arasında bir doğru olduğunu varsayarsak eşit zamanlarda eşit bir alanı tarayacağını göstermiştir. Bu soyut düşünce Şekil 14'te gösterilmiştir, ve gezegenlerin sabit hızda olduğunu düşünen Kopernik'in aksine, gezegenin yörüngesinde hızını değiştirdiğini kanıtlar.

Elips geometrisi antik Yunan'dan beri araştırılıyordu. Peki gezegenlerin yörüngesinin elips şeklinde olabileceğini neden daha önce kimse düşünmemişti? Bunun önemli bir sebebi daha önce değindiğimiz gibi astronomların diğer bütün olasılıkları göz ardı etmelerini sağlayan daire şeklinin kutsallığıydı. Ancak bir diğer sebepse gezegenlerin yörüngelerinin çoğunun sadece biraz eliptik olmalarıydı, bu yüzden titizlikle gözlemlenmedikleri sürece daire gibi görünüyorlardı. Yörüngelerin daireye ne kadar yakın olduklarını hesaplamanın en iyi yolu, majör eksenin uzunluğunu minör eksenin uzunluğuna bölmektir. Dünya'nın



Şekil 14: Bu şekilde son derece abartılmış bir gezegen yörüngesi gösterilmektedir. Elipsin yüksekliği genişliğinin yaklaşık %75'idir. Ancak Güneş sistemindeki birçok gezegen için bu oran %99'la %100 arasındadır. Yine şekildeki Güneş, merkezin çok uzağındadır, ama gerçekte merkezden çok az uzaktadır. Bu şekilde Kepler'in gezegenlerin hareketini açıkladığı ikinci yasası açıklanmaktadır. Güneş'le gezegen arasındaki hayali çizginin eşit zamanda eşit alanı taradığını belirtir. Bu olay gezegenin Güneş'e yaklaşmasının bir sonucudur. Taralı olan üç bölgenin de alanı birbirlerine eşittir. Gezegen Güneş'e yaklaştığı zaman hızı artar ve daha çok alanı tarar. Güneş'ten uzaklaştıkça hızı azalır ve yine eşit zamanda eşit alanı tarar.

yörüngesinde bu oran 0,99986'dır. Rheticus'a kabuslar yaşatan Mars'ın yörüngesi ise biraz daha basıktı ama oranı yine 1'e çok yakındı: 0,99566. Kısaca Mars'ın yörüngesi çok az eliptikti, ve astronomların Mars'ın yörüngesini daire olarak varsaymalarını sağlıyordu. Ancak Mars, yörüngesini bir daire olarak modellemeye çalışan herkese saç baş yolduracak kadar eliptikti.

Kepler'in elipsleri Güneş sistemimizin tam ve eksiksiz bir görüntüsünü ortaya koyuyordu. Elde ettiği gözlem, teori ve matematiği birleştiren sonuçlar bilim ve bilimsel

yöntem için tam bir başarıydı. Bu başarısını ilk olarak 1609 yılında *Astronomia nova* adını verdiği bir eserde yayınladı. Kitabında sekiz senelik hummalı çalışmasının detaylarını, denediği ve başarısızlıkla sonuçlandığı farklı yolları açıklıyordu. Okuyucusunun kendine katlanmasını “Uzun hesap yöntemlerini okumaktan sıkıldıysanız, her birini en az yetmiş kere denemiş olan bana acıyın” diyerek talep ediyordu.

Kepler’in Güneş sistemi modeli sade, zarif ve gezegenlerin konumlarını tahmin etmede kuşku götürmeyecek bir oranda doğrudu, ama neredeyse kimse bu modelin gerçekliğine inanmadı. Filozofların, astronomların ve Kilise önderlerinin çoğu, Kepler modelinin hesaplama yapmakta iyi olduğunu kabul ediyor ama evrenin merkezinin Dünya olduğu hususunda ısrar ediyorlardı. Dünya merkezli bir evren modelini tercih etmelerinin en büyük sebebi, Tablo 2’de bahsedilen sorunlara (yerçekimi gibi) tam bir cevap veremiyor oluşuydu. Nasıl olur da görebildiğimiz her şey Dünya’ya düşerken Dünya ve diğer gezegenler Güneş’in etrafında dönebilirdi?

Ayrıca Kepler’in daire doktrinine karşı elipsleri savunması gülünç karşılanmıştı. Hollandalı rahip ve astronom David Fabricius, Kepler’e yazdığı bir mektupta: “Hareketlerin daireselliği yerine elips olduğunu savunuşunuza düşündükçe daha da absürd olduğunu görüyorum... Kusursuz daire yörüngelere dokunmasanız ve eliptik modelinize ufak dış çemberler ekleseniz, kesinlikle çok daha iyi olur.” Ancak dairelerden ve dış çemberlerden bir elips elde etmek imkânsız olduğu için uzlaşmaya varmak söz konusu bile değildi.

Astronomia nova’nın kötü bir şekilde karşılanması üzerine Kepler, becerilerini başka alanlarda kullanmaya başladı. Etrafındaki dünya onda büyük bir merak uyandırıyordu ve bilimsel merakını “Kuşların hangi yararlı amaçla şarkılar söylediğini sorgulamayız, çünkü şarkı söylemek için yaratıldıkları için bu onların tek coşkusudur. Benzer biçimde insan zihninin neden gökleri anla-

mak istediğini sorgulamamalıyız... Doğa fenomenlerinin farklılıkları o kadar çoktur ve göklerde gizli hazineler o kadar geniştir ki, insan zihni sürekli onlardan beslenebilir.” diyerek açıklar.

Eliptik gezegen yörüngeleri üzerine araştırmalarının dışında Kepler, başka çalışmalarda da bulundu. Hatalı bir şekilde gezegenlerin “kürelerin sesiyle” hareket ettiğini savunan Pisagor öğretisi üzerine gitti. Kepler’e göre her bir gezegen bir nota çıkarıyordu (do, re, mi, fa, sol, la, si). Dünya “fa” ve “mi” notalarını çıkarıyordu, bu da Latince’de “kıtlık” anlamına gelen “fames” sözcüğünü oluştuyordu, ve Kepler’e göre gezegenimizin doğasını yansıtıyordu. Ayrıca ilk bilim kurgu romanı olan ve bir grup maceraperestin Ay’a yolculuklarını anlatan *Somnium*’u yazdı. *Astronomia nova*’dan birkaç yıl sonra da en ilginç ve orijinal araştırma yazılarından biri olan, kar tanelerinin simetrisini inceleyen ve atomcu bir anlayış öne süren “Altı köşeli kar tanesi hakkında” adlı bir makale yazdı.

“Altı köşeli kar tanesi hakkında”, Kepler’in hamisi Johannes Matthaeus Wackher von Wackenfels’e adanmıştı. Wackher ilerde Kepler’e hayatında duyacağı en ilginç haberi de verecekti: Astronomi’yi başlı başına değiştirecek ve Güneş merkezli evren modeline bakış açısını düzeltecek ölçüde büyük bir teknolojik gelişme. Bu haber Kepler için o kadar önemliydi ki Wackher’in Mart 1610’daki ziyaretini şöyle not ediyordu: “Bu ilginç hikâyeyi dinlerken inanılmaz duygular hissettim ve varlığımın en derinlerine kadar hislendim”

Kepler, Galileo tarafından kullanılan ve gökyüzünün özelliklerini ortaya seren teleskop adındaki icadı ilk kez duyuyordu. Bu yeni icat sayesinde Galileo, Aristarkus, Kopernik ve Kepler’i haklı çıkaracak yeni kanıtlar keşfe-decekti.

Görmek İnanmaktır

15 Şubat 1564'te Pisa'da doğan Galileo Galilei sıklıkla bilimin atası olarak anılır. Gerçekten de böylesi büyük bir unvanı hak edecek bir geçmişi vardır. İlk kez bilimsel bir teori üreten ya da ilk deneyi yapan; ya da doğayı ilk gözlemleyen, ya da ilk mucit olmayabilir; ancak muhtemelen insanlık tarihinde bu alanların hepsini aynı anda kullanan ve her bir alanda büyük başarılarla imza atan ilk insan kendisidir.

Çok yönlü becerilerini ilk kez öğrencilik yıllarında, katedralin içindeki sıkıcı bir işle uğraşırken gözüne takılan sallanan bir avize sayesinde gösterdi. Nabzını tutarak her bir salınımın ne kadar sürdüğünü ölçtü ve sarkacın ileri geri büyük salınımı, sonlara doğru yavaşlayıp azalsa da süresinin değişmediğini gözlemledi. Eve döndüğü zaman gözlem yerine deney yapmaya başladı ve değişik uzunluk ve ağırlıklarda sarkaçlarla deneyler yaptı. Elde ettiği deneysel verilerle, salınım süresinin ipin açısı ve sarkacın ağırlığından bağımsız olduğu ve sadece sarkacın uzunluğuyla alakalı olduğunu gösteren bir teori geliştirdi. Sırf araştırma yaptıktan sonra Galileo mucitliğe soyundu ve düzenli salınımlarıyla bir zaman ölçüm aleti olabilecek *pulsilogia'yı* geliştirdi.

Bu alet özellikle hastaların nabızlarını ölçebiliyordu ve böylece ilk gözleminde kendi nabzını tutarak sarkacın salınımını ölçerken şimdi sarkaçla nabız ölçülüyordu. O sıralarda bir doktor olmak için öğrenim görüyordu, fakat bu icat tıbbı yaptığı ilk ve tek katkıdır. Sonrasında tıbbı bırakıp bilim okumak için babasını ikna etti.

Parlak zekâsının yanı sıra Galileo'nun bir bilim adamı olarak başarısının nedeni Dünya ve içindeki her şey hakkındaki inanılmaz merakıydı. Merak dolu kişiliğinin farkındaydı ve bir keresinde "Acaba ne zaman merak etmeyip boş vereceğim?" diye haykırmıştı.

Bu meraklı doğasının isyankâr bir damarı da vardı. Otoriteye bir saygısı yoktu; yani öğretmenleri, teologlar

veya antik Yunanlılar söyledi diye herhangi bir şeyin doğruluğuna hemen inanmıyordu. Örneğin, Aristoteles felsefe yoluyla ağır nesnelerin hafif nesnelere oranla daha hızlı düştüklerini çıkarsamıştı fakat Galileo, Aristoteles'in yanlış olduğunu kanıtlayan bir deney yaptı. O zamanlar tarihte yaşamış en büyük deha olarak adlandırılan Aristoteles'in "gerçeğin zıddını yazdığını" bile söylemişti.

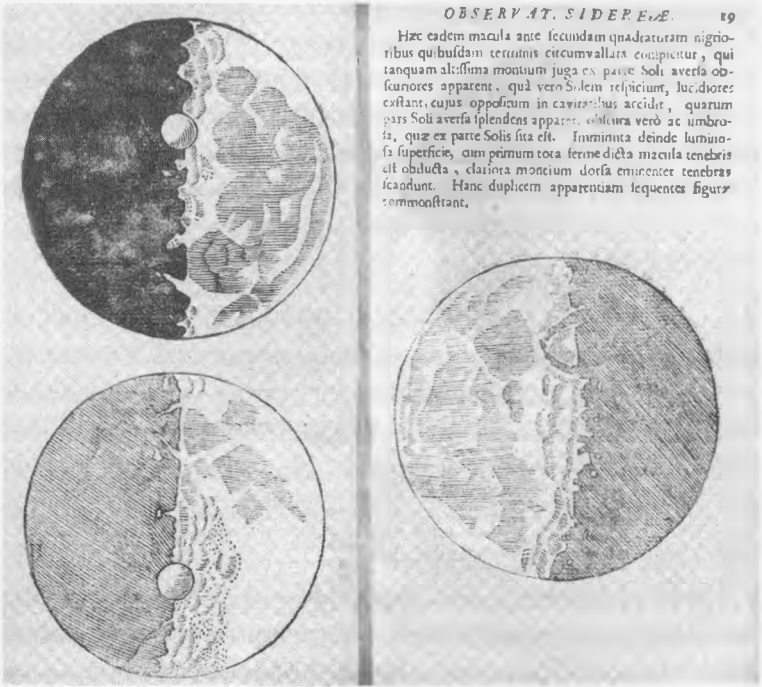
Kepler, Galileo'nun gökyüzünü incelemek için teleskobu kullandığını duyduğu zaman, Galileo'nun teleskobu icat ettiğini düşünmüştü. Gerçekten de birçok insan aynı varsayımda bulunmuştu. Aslında teleskobun mucidi Flaman Hans Lippershey'dir ve icadının patentini 1608 Ekim'inde almıştı. Lippershey'in icadının birkaç ay sonrasında Galileo günlüğüne "bir Hollandalı'nın bir dürbün icat ettiği dedikoduları kulağıma geldi" diye yazacak ve hemen kendi teleskoplarını yapmaya başlayacaktı.

Galileo'nun başarısı, Lippershey'in basit icadını gerçekten önemli bir enstrümana dönüştürmek olacaktı. 1609 Ağustos'unda Galileo, Venedik Dukasına zamanının en güçlü teleskobunu tanıttı. Birlikte Aziz Mark kulesine çıktılar, teleskobu yerleştirdiler ve kıyı gölünü izlediler. Bir hafta sonra kayınbiraderine yazdığı bir mektupta Galileo, teleskobun herkesi şaşırttığını ve etkilediğini anlatacaktı. Diğer teleskoplar objeleri on katı büyütüyorlardı, ama Galileo'nun optik anlayışı diğer mucitlere oranla çok daha iyi olduğu için onun teleskobu altmış kat büyütebiliyordu. Teleskop, düşmanlar onları görmeden önce Venediklilerin düşmanlarını görmelerini sağlayarak savaş alanında da yardımcı olmakla kalmıyor, Venedikli tacirlerin, gelen gemilerin hangi malları taşıdığını anlamalarını böylece de ellerindeki malları pazar fiyatları düşmeden derhal satabilmelerini sağlıyordu.

Galileo teleskobun ticari kullanımlarından çok kâr etti, ama bu enstrümanın bilimsel önemini de gördü. Teleskobunu gece gökyüzüne çevirdiği zaman kendisinden önce kimsenin göremediği kadar uzakları açık seçik bir şekilde görebildi. Wackher, Kepler'e Galileo'nun teleskobunu an-

lattığı zaman, Kepler teleskobun potansiyelini hemen fark etti ve “Ey teleskop, yüce bilgilerin enstrümanı, herhangi bir asadan daha değerli! Seni ellerinde tutan kral ve Tanrı’nın eserlerinin efendisi ilan edilmedi mi?” Galileo, o kral ve efendi olacaktı.

Galileo öncelikle Ay’ı inceledi ve Ay yüzeyinin kanyonlarla, büyük girinti ve çıkıntılarla dolu olduğunu gözlemledi. Bu durum, gök cisimlerinin mükemmel küreler olduğunu söyleyen Batlamyus’un görüşüne tamamen zıttı. Gök cisimlerinin kusurluluğu, Galileo teleskobunu Güneş’e doğrultup Güneş yüzeyindeki lekeleri kaydettiği zaman daha da kesinlik kazandı. Günümüzde bu güneş lekelerinin, Güneş’in yüzeyindeki daha soğuk bölgeler olduğunu ve kimi zaman 100 000 km.ye kadar uzandığını biliyoruz.



Şekil 15: Galileo’nun Ay yüzeyi çizimleri.

Ardından Ocak 1610'da, Galileo daha da büyük bir keşif yaptı. İlk başta Jüpiter yakınlarında gezinen yıldızlar sandığı dört gök cisminin aslında yıldız olmadığını, çünkü Jüpiter'in etrafında döndüğünü yani Jüpiter'in uyduları olduğunu buldu. Daha önce kimse kendi uydumuzun dışında bir uydu görmemişti. Batlamyus, Dünya'nın evrenin merkezi olduğunu savunmuştu, ama Galileo inkâr edilemeyecek bir şekilde her şeyin Dünya'nın etrafında dönmediğini kanıtlamıştı.

Galileo, Kepler'le haberleşiyordu ve Kepler'in, Kopernik'in Güneş merkezli evren modeline yaptığı katkıları yakından takip ediyordu; Jüpiter'in ayları olduğu keşfinin bu Güneş merkezli evren modelini daha da kanıtladığının farkındaydı. Kopernik ve Kepler'in doğru olduğuna dair bir şüphesi yoktu, ama eski geleneklere sıkı sıkıya bağlı kurumları da ikna edebilmek için Güneş merkezli evren modelinin doğruluğunu ispatlayacak başka kanıtlar arıyordu. Bu kördüğümü kırmanın tek yolu iki modeli birbirinden ayırştıracak ve test edilebilecek kesin bir tahmindir. Gök cisimlerinin konumları hakkında iki model de bir tahminde bulunacak ve tahminler teleskop vasıtasıyla test edilecekti. Sağlıklı bilim anlayışı test edilebilir tahminlerde bulunur ve bu testler sayesinde bilim gelişir.

Aslında Kopernik tam da böyle bir tahminde bulunmuştu, gerekli ekipmanlar bulunana dek de bu tahmin test edilmeyi bekliyordu. *De Revolutionibus*'da Kopernik, Merkür ve Venüs'ün Ay'a benzer farklı safhâlâra sahip olması gerektiğini (yarım Venüs, hilal Venüs, vs.) ve bu safhâlâların olması için de Dünya'nın Güneş'in etrafında dönmesi gerektiğini yazmıştı. XV. yüzyılda kimse Venüs'ün safhâlârını gözlemleyemiyordu çünkü teleskop henüz icat edilmemişti ama Kopernik gelecekte yapılacak gözlemlerle haklı çıkacağından emindi: "İnsanın görme duyusu yeterince iyileştirilebilirse Merkür ve Venüs'ün safhâlârını görebiliriz."



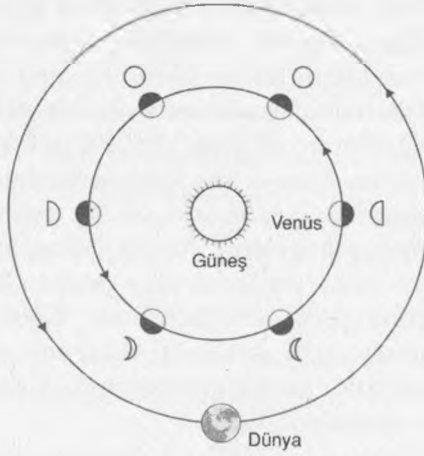
Şekil 16: Galileo'nun çizdiği, Jüpiter'in uydularının değişen konumları. Daireler Jüpiter'i temsil ederler ve her yöndeki noktalar, uyduların konumlarının nasıl değiştiğini gösterir. Her bir satır belli bir tarihte ve zamanda yapılmış gözlemleri gösterir.

Merkür'ü bir yana bırakıp Şekil 17'de gösterildiği gibi Venüs'e konsantre olursak safhâlârin apaçık ortada olduğunu görebiliriz. Venüs'ün bir yüzü her zaman aydınlıktır, ama Dünya'dan bakıldığında bu aydınlık yüz her zaman bize dönük değildir; bu yüzden Venüs'ü parça parça görürüz. Batlamyus'un Dünya merkezli modelinde Venüs'ün safhâlâri, Dünya'nın etrafındaki ve dış çemberindeki yörüngesi tarafından belirlenir. Ancak Güneş merkezli modelde Venüs'ün safhâlâri farklı olur çünkü Güneş'in etrafındaki bir yörüngeye göre belirlenir. Eğer birileri Venüs'ün safhâlârinin gerçekte nasıl olduğunu gözlemleyebilirse, hiçbir mantıklı şüphe götürmeksizin hangi modelin doğru olduğu ispatlanabilirdi.

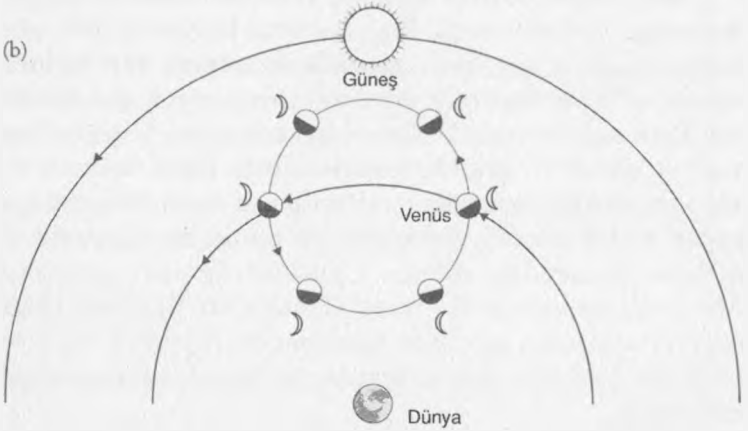
1610 sonbaharında Galileo, Venüs'ün safhâlârını gözlemleyip kaydedecek ilk kişi olacaktı; beklediği gibi, gözlemleri Güneş merkezli modelle kusursuz bir biçimde uyumluydu ve Kopernik devrimini savunmak için bir kanıt daha elde edilmişti. Elde ettiği sonuçları Latince “olarak” ve şifreli bir şekilde raporlandırdı: *Haec immatura a me iam frustra leguntur oy* (Bunlar şu anda okuyamayacağım kadar küçük). Sonradan bu notun bir anagram olduğunu ve açıldığı zaman, *Cynthiae figuras aemulatur Mater Amorum* (Aşk'ın Annesi Cynthia'nın figürünü taklit ediyor) anlamına geldiğini açıklamıştır. Cynthia, Ay'a verilen bir lakaptır, Aşk'ın annesi de Venüs anlamına gelmektedir.

Her yeni keşifle Güneş merkezli evren modeli daha da güçleniyordu. Tablo 2'de Kopernik öncesi gözlemlere dayalı olarak Dünya ve Güneş merkezli evren modelleri kıyaslanıyordu ve neden Dünya merkezli evren modelinin Orta Çağ'da daha mantıklı bulunduğu gösteriliyordu. Tablo 3'te ise Güneş merkezli evren modelinin, Galileo'nun gözlemleriyle nasıl daha güçlü olduğu gösterilmektedir. Güneş merkezli evren modelindeki son zayıf nokta da bilim adamları yerçekimini ve neden Dünya'nın Güneş etrafındaki yolculuğunu hissetmediğimizi daha iyi anlayınca ortadan kalkacaktı. Ve her ne kadar Güneş merkezli evren

(a)



(b)



Şekil 17: Galileo'nun Venüs'ün safhâlarını titizlikle ölçmesi Koper-nik'in haklı olduğunu kanıtladı. Şekil (a)'da gösterilen Güneş merkezi evren modelinde Dünya ve Venüs Güneş'in etrafında dönmektedirler. Her ne kadar Venüs'ün yarısı her zaman Güneş tarafından aydınlatılsa da Dünya'dan bakıldığı zaman sanki safhâları varmış gibi görünür. Venüs'ün konumlarına göre safhâları yanlarında gösterilmektedir. Dünya merkezli evren modelinde Hem Güneş hem de Venüs Dünya'nın yörüngesindedir, ve Venüs de kendi dış çemberinde de hareket etmektedir. Venüs'ün bu modeldeki safhâları değişmemektedir. Galileo yaptığı gözlemlerle Venüs'ün safhâlarının Güneş merkezli evren modelinin belirttiği gibi değiştiğini bulmuştur.

modeli tablodaki kriterlerden biri olan sağduyuyla uyumlu olmasa da, daha önce de dediğimiz gibi sağduyunun bilimle aslında pek bir ilgisi yoktur.

Bu andan sonra, tarihteki tüm astronomlar Güneş merkezli evren modelini kabul etmeliydi, ama böyle bir değişim olmadı. Astronomların çoğu hayatları boyunca evrenin sabit olan Dünya'nın etrafında döndüğüne inanmıştı ve Güneş merkezli evren modelini kabul etmek için gerekli entelektüel ve duygusal sıçramayı yapamıyorlardı. Astronom Francesco Sizi, Galileo'nun Jüpiter'in uydularıyla ilgili argümanını ve Dünya'nın evrenin merkezi olmadığını duyduğu zaman garip bir karşılık verdi: "Bu uydular çıplak gözle görülemezler, bu yüzden Dünya üzerinde bir etkileri olamaz. Böylece gereksizdirler, ve var olmamaktadırlar." Filozof Giulio Libri, benzer biçimde mantıksız bir tavır takındı ve teleskopla gökyüzüne bakmayı bile reddetti. Libri öldüğü zaman Galileo, onun en azından şimdi cennete giderken Güneş lekelerini, Jüpiter'in aylarını ve Venüs'ün safhâlarını görebileceğini söyledi.

Cizvit matematikçilerinin Güneş merkezli evren modelinin çok daha doğru olduğunu tasdik etmelerine rağmen, Katolik Kilisesi benzer bir şekilde Dünya'nın evrenin merkezinde olduğu görüşünü değiştirmek istemiyordu. Teologlar, Güneş merkezli evren sisteminin daha iyi hesaplamalar yapmak için kullanışlı olduğunu kabul ediyor ama gerçeği yansıttığını reddediyorlardı.

Ancak Kopernikçiler Güneş merkezli modelle bu kadar iyi hesaplamalar ve tahminler yapılmasının sebebinin gerçekten de Dünya'nın Güneş'in etrafında dönmesi olduğunu savunmaya devam ediyorlardı. Doğal olarak Kilise katı bir tepkiyle karşılık verdi. Şubat 1616'da Engizisyon'a danışmanlık yapan bir komite Güneş merkezli evren modelini kabul etmenin resmi olarak sapkınlık ve Kilişe'ye karşı küfür olduğunu ilan ettiler. Bu kararın sonucu olarak Kopernik'in *De Revolutionibus* eseri basıldıktan altmış üç yıl sonra yasaklandı.

Tablo 3: Tabloda 1610 yılında, Galileo'nun gözlemlerinden sonra Güneş ve Dünya merkezli evren modellerinin bir karşılaştır-

Kriterler	Dünya Merkezli Evren modeli	Başarı
1. Sağduyu	Her şeyin Dünya etrafında döndüğü bariz görünüyor	✓
2. Hareketin farkında olmak	Dünya'nın hareket ettiğini anlamıyoruz, demek ki hareket etmiyor	✓
3. Yerçekimi	Her şey Evrenin merkezine gitmek istiyor, bu yüzden nesneler yere düşüyor	✓
4. Yıldız paralaksı	Yıldız paralaksının olmayışı Dünya'nın ve üzerindeki gözlemcilerin sabit olduğunu gösterir	✓
5. Gezegenlerin konumunu tahmin etme	Başarılı bir şekilde tahmin edebiliyor	✓
6. Gezegenlerin düzensiz hareketleri	Dış çemberler ve taşıyıcılarla açıklanıyor	✓
7. Sadelik	Çok karmaşık	✗
8. Venüs'ün safhâları	Gözlemlenen safhâları önceden tahmin edemiyor	✗
9. Ay ve Güneş lekeleri	Sorunlu – Bu model Aristotelesçi bir mantıktan yola çıkıyor ve gök cisimlerinin kusursuz olduğunu varsayıyor	✗
10. Jüpiter'in uyduları	Sorunlu – Her şeyin Dünya'nın çevresinde dönmesi gerekirdi	✗

ması vardır. Güneş merkezli evren modeli daha akla yatkın görünmektedir çünkü Galileo'nun gözlemleriyle yeni kriterler eklenmiştir.

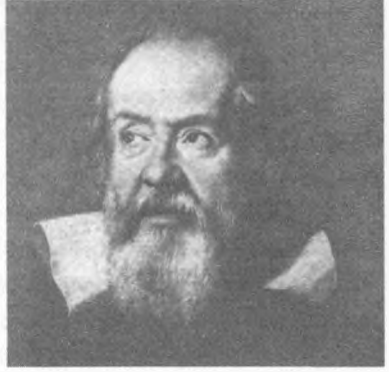
Kriterler	Güneş Merkezli Evren modeli	Başarı
1. Sağduyu	Dünyanın Güneş'in etrafında döndüğünü hâlâ daha zor	x
2. Hareketin farkında olmak	Galileo, Dünya'nın döndüğünü neden hissetmediğimizi açıklamak üzereydi	?
3. Yerçekimi	Newton yerçekimini açıklayıncaya kadar Dünya merkezli olmayan bir modelde yerçekimi açıklanamıyor	x
4. Yıldız paralaksı	Dünya dönüyor, bu yüzden yıldız paralaksı vardır ama yıldızlar uzakta olduğu için daha iyi teleskoplar lazım	?
5. Gezegenlerin konumunu tahmin etme	Kepler'in katkısından sonra kusursuz	✓
6. Gezegenlerin düzensiz hareketleri	Dünya'nın hareketinin doğal bir sonucu	✓
7. Sadelik	Çok sade, her şey daireler içinde hareket ediyor	✓
8. Venüs'ün safhâları	Gözlemlenen safhâları başarılı bir şekilde tahmin edebiliyor	✓
9. Ay ve Güneş lekeleri	Bu model gök cisimlerinin kusurlarıyla ilgilenmediği için bir sorun yok	✓
10. Jüpiter'in uyduları	Sorun yok – Bu model birden fazla merkeze izin veriyor	✓

Galileo, Kilise'nin onun bilimsel görüşlerini lanetlemesini anlayamıyordu. Dindar bir Katolik olmasının yanı sıra sıkı bir rasyonalistti ve bu iki inanç sistemini birleştirebilmişti. Bilim adamlarının maddi dünyayı, teologların da ruhani dünyayı ve insanın maddi dünyada nasıl yaşaması gerektiğini yorumlamaları gerektiğini düşünüyordu. Galileo: "İncil insanlara nasıl cennete dönüleceğini anlatmak için yazılmıştı, cennetlerin (göklerin) nasıl döndüğünü anlatmak için değil."

Kilise, Güneş merkezli evren modelini argümanındaki hatalar veya kanıtlarının tutarsızlığı yüzünden eleştirmiş olsa, Galileo ve yandaşları onları dinlemeye razı gelirdi, ama eleştirileri sırf ideolojikti. Galileo, Kardinallerin görüşlerini umursamadan her yıl evren görüşünün değiştirilmesi için Kilise'ye başvurdu. En sonunda 1623 yılında, arkadaşı Kardinal Maffeo Barberini, VIII. Urban olarak Papa olunca şansının döndüğünü hissetti.

Galileo ve yeni Papa, Floransa'da doğup büyümüşler ve Pisa'daki aynı üniversiteye gitmişlerdi. Papa seçildikten kısa bir süre sonra VIII. Urban, konuşması için Galileo'yu altı kere huzuruna çağırdı. Bu konuşmaların birinde Papa'ya iki rakip evren tasavvuru hakkında bir kitap yazmak ve iki görüşü kıyaslamak istediğini söyledi. Vatikan'dan ayrılırken Papa'nın onu desteklediğini düşünüyordu. Çalışma odasına döndü ve bilim tarihinde en çok tartışılacak olan kitabı yazmaya başladı.

İki Kainat Sistemi Üzerine Konuşmalar adlı eserinde Galileo üç karakter kullanarak Dünya ve Güneş merkezli evren sistemlerini karşılaştırıyordu. Salviati, Güneş merkezli sistemi temsil ediyordu ve açık bir biçimde akıllı, okumuş ve belagathı biriydi. Aptal Simplicio, Dünya merkezli evren modelini savunuyordu. Sagredo da ikisi arasında hakemlik yapıyor ve konuşmanın yönünü tayin ediyordu, yine de Simplicio'yu azarlaması ve dalga geçmesi ile biraz önyargılı olduğu barizdi. Bu akademik bir metindi, ama savları ve karşı savları açıklamak için karakterleri kullanmak daha geniş bir okuyucu kitlesine hitap etme-



Şekil 18: Kopernik (yukarıda solda), Tycho Brahe (yukarıda sağda), Kepler (aşağıda solda) ve Galileo, Dünya merkezli evren modelinden Güneş merkezli modele geçişi sağlamışlardır. Başarıları bir araya getirildiğinde bilimsel gelişmenin önemli bir özelliğini gösterirler; teorilerin ve modellerin birçok bilim adamının katkısıyla nasıl şekillendiğini.

Kopernik, Dünya'yı Güneş'in bir uydusu haline getirecek teorik sıçramayı gerçekleştirmişti. Tycho Brahe pirinç burnuna rağmen Kepler'in Kopernik'in sistemindeki hatayı bulmasını sağlayacak verileri toplamıştı. Son olarak da Galileo teleskobu kullanarak şüpheciyi susturması gereken kanıtları toplamıştı. Dünya'nın her şeyin merkezinde olmadığını göstermişti, çünkü Jüpiter'in de uyduları vardı. Ayrıca Venüs'ün safhâları sadece Güneş merkezli bir evren modeliyle uyumluydu.

sini sağlıyordu. Ayrıca kitap Latince değil, İtalyanca yazılmıştı; bu yüzden Galileo'nun Güneş merkezli evren modeli için geniş bir destek hedeflediğini söyleyebiliriz.

Konuşmalar, Galileo Papa'dan izin aldıktan neredeyse on yıl sonra, 1632'de yayınlanmıştı. Kitap fikrinin ortaya atılmasından yayınlanmasına dek geçen sürenin çok kötü sonuçları olacaktı, çünkü bitmeyen Otuz Yıl Savaşları politik ve dini coğrafyayı çok değiştirmişti; Papa VIII. Urban Galileo'nun argümanlarını ve görüşlerini ezmeye hazırды. Otuz Yıl Savaşları, 1618'de bir grup Protestan Prag'da Kraliyet Sarayına yürüyüp Kral Ferdinand'ın iki danışmanını yüksek bir pencereden aşağıya fırlatınca başlamıştı. Bu olaya "Prag'ın Pencereden Fırlatılması" da denmektedir. Katolik Kralın sürekli Protestanları idam etmesine sinirlenen yerel halk bu olayla birlikte Macaristan, Transilvanya, Bohemya ve Avrupa'nın diğer ülkelerindeki Protestan topluluklarda bir ayaklanma başlatmıştı.

Konuşmalar, basıldığı sırada Otuz Yıl Savaşları, on dört yıldır devam ediyordu, ve Katolik Kilisesi, büyüyen Protestan tehdidinden korkmaya başlamıştı. Papa, Katolik inancının güçlü bir savunucusu olarak gözükme zorundaydı ve popülist stratejisinin bir parçası olarak gelecekteki Dünya merkezli evren modelini sorgulamaya cüret eden tüm sapkın bilim adamlarının zındıkça yazılarını lanetlemeye karar verdi.

Papa'nın karar değiştirmesi hakkındaki daha kişisel bir açıklamaya göre, Galileo'nun ününü kıskanan astronomlar, muhafazakâr kardinallerle birlikte Papa'nın eskiden yaptığı astronomiden bihaber konuşmalarıyla, kitaptaki aptal Simplicio'nun konuşmaları arasındaki paralellikleri göstererek ortalığı ayağa kaldırıyor. Örneğin, geçmişte Papa Urban, Simplicio gibi, her şeye gücü yeten Tanrı'nın evreni yaratırken fizik kurallarını düşünmeden yarattığını söylemişti. Demek ki Salviati, Simplicio'ya cevap verirken Papa'yı da aşağıladığını söylüyorlardı: "Elbette Tanrı, kuşların kemikleri saf altından, kanı cıva, et-

leri kurşundan daha ağır ve kanatları ufacık olsa da uçmalarını sağlayabilir. Ama onları böyle yaratmamıştır, bu bir şeyin göstergesidir. Kendi cahilliğini saklamak için her fırsatta Tanrı'yı öne sürüyorsun."

Konuşmalar'ın basılmasından kısa bir süre sonra Engizisyon Galileo'yu "şiddetli sapkınlık kuşkusuyla" huzuruna çağırdı. Galileo yolculuk yapamayacak kadar hasta olduğunu belirttiği zaman, Engizisyon onu tutuklayıp zincirlerle sürükleyerek Roma'ya getirmekle tehdit etti ve böylece Galileo Engizisyon'a boyun eğdi ve yolculuk hazırlıklarına başladı. Galileo'nun gelmesini beklerken Papa, *Konuşmalar*'ı toplatmayı denedi ve matbaaya tüm kopyaları Roma'ya göndermesi için emir verdi, ama çok geç kalmıştı, tüm kopyalar satılmıştı.

Mahkeme 1633 Nisan'ında başladı. Sapkınlık suçlamasının nedeni, Galileo'nun görüşlerinin İncil'deki "Tanrı Dünya'yı bir daha hiç hareket etmemek üzere temeline sabitledi" ayetiyle tezat oluşturmasıydı. Engizisyon'un birçok üyesi "Dünya'nın Güneş'in etrafında döndüğünü iddia etmek, İsa'nın annesinin bakire olmadığını söylemek kadar büyük bir küfürdür" diyen Kardinal Bellarmine'e katılıyordu. Ancak mahkemeye bakan on Kardinal arasında Galileo'ya sempati besleyen ve Papa VIII. Urban'ın yeğeni olan Kardinal Francesco Barberini'nin önünü çektiği bir grup vardı. İki hafta boyunca kanıtlar Galileo'ya karşı birikti, hatta Galileo'ya işkence edilmesi bile konuşuluyordu ama Barberini sürekli toleranslı davranılması gerektiğini söylüyor ve müsamaha talebinde bulunuyordu. Bir noktaya kadar başarılı da oldu. Suçlu bulunduktan sonra Galileo, ne idam edildi ne de bir zindana atıldı; bunun yerine süresiz ev hapsine mahkûm edildi ve *Konuşmalar* kitabı yasak kitaplar listesine eklendi. Barberini, mahkeme kararını imzalamayan üç yargıçtan biriydi.

Galileo'nun yargılanıp cezalandırılması, bilim tarihindeki en karanlık anlardan biri ve saçmalığın mantık üzerindeki zaferlerinden biridir. Mahkemenin sonunda Galileo, savının doğru olduğunu reddetmek zorunda bırakıldı.

Yine de cezası verildikten sonra, dizlerinin üzerinden ayağa kalkarken *Eppur si muove* (Yine de dönüyor) diyerek gururunu koruduğu rivayet edilir. Başka bir deyişle, haki-katin ne olduğunu Engizisyon belirleyemez. Kilise'nin ne iddia ettiğine bakmaksızın evren hâlâ kendi susturulamaz bilimsel kanunlarına göre hareket ediyordu ve Dünya Güneş'in etrafında dönüyordu.

Galileo izole edilmişti. Evinde hapsedilmiş bir şekilde evrenin bağlı olduğu kuralları düşünmeye devam etti, ancak 1637'de muhtemelen teleskobuyla çok fazla Güneş'e baktığı için gözleri kör olunca araştırmaları durmak zorunda kaldı. Büyük gözlemci artık gözlem yapamıyordu. Galileo 8 Ocak 1642'de öldü. Son bir cezalandırma yöntemi olarak Kilise onun kutsanmış toprağa gömülmesine izin vermedi.

Nihai Soru

Güneş merkezli evren modeli sonraki yüzyıl içinde yavaşça çoğu astronom tarafından kabul edilmeye başlandı, çünkü hem daha iyi teleskoplarla daha fazla gözlemsel kanıtlar toplanıyordu hem de bu modelin arkasındaki fizik anlayışını açıklayacak teorik gelişmeler yaşanmıştı. Diğer bir sebep ise bir önceki neslin astronomlarının ölmüş olmasıydı. Bilimin gelişmesinde ölümün yeri çok önemlidir, çünkü eski ve yanlış bir teorinin yerine yeni ve doğru bir teoriyi kabul etmekte zorlanan muhafazakâr bilim adamlarının ortadan kalkmasını sağlar. İnatçılıkları anlaşılabilir düzeydedir çünkü hayat boyu, çalışmalarını bir model üzerine inşa etmişlerdi ve tüm bu çalışmalarını çöpe atmaları gerekiyordu. Yirminci yüzyılın en büyük bilim adamlarından biri olan Max Planck'ın dediği gibi "Önemli bir bilimsel yenilik nadiren karşıtlarını kazanarak benimse-nir; Saul'un Aziz Paul olması çok nadir rastlanan bir durumdur. Genellikle yeniliğe karşı olanlar öldükçe yeni nesil, yeni fikirlerle birlikte büyümeye başlar."

Astronomi kurumlarınca Güneş merkezli model kabul edildikçe Kilise'nin bu modele karşı olan tavrı da değişmeye başladı. Teologlar, eğitimli insanların hakikat olarak algıladığı bir şeyi reddetmeye devam ederlerse aptal konumuna düşeceklerini anladılar. Kilise, astronomi ve diğer bilim alanlarına karşı tutumlarını yumuşattılar, böylece de yeni bir entelektüel özgürlük dönemi başladı. XVI-II. yüzyıl boyunca bilim adamları çevrelerindeki dünyayı sorgulamaya ve kafalarındaki soruları cevaplamaya başladılar, böylece doğaüstü efsaneler, felsefi çuvallamalar ve dini dogmalar; mantıklı, kanıtlanabilir ve doğal açıklamalarla yer değiştirmeye başladı. Bilim adamları ışığın doğasından, üremeye, maddenin yapı parçalarından yanardağların nasıl oluştuğuna kadar her şeyi incelemeye başladılar.

Ancak bir soru vardı ki kimse sormuyordu, çünkü bilim adamları bu soruyu cevaplayamayacaklarını, hatta hiçbir rasyonel yöntemle çözemeyeceklerini düşünüyorlardı. Kimse evrenin nasıl yaratıldığı sorusuna cevap aramaya kalkışmıyordu. Bilim adamları kendilerini doğal fenomenleri açıklamaya adanmışlardı ve evrenin nasıl yaratıldığı doğaüstü güçlere dayandırılmıştı. Aynı zamanda bu soruyu cevaplamaya çalışmak, din ve bilim arasında oluşturulmuş mutabakata zarar verebilirdi. Güneş merkezli evren anlayışı XVII. yüzyıl Engizisyonunu nasıl kızdırdıysa, Tanrı'ya dayandırılmayan bir Büyük Patlama anlayışı, XVIII. yüzyıl teologlarını bir o kadar kızdırırdı. İncil, Avrupa'da hâlâ evrenin nasıl yaratıldığını açıklayan tek kaynaktı, ve bilim adamlarının çoğu Tanrının gökleri ve Dünya'yı yarattığına inanıyordu.

Tartışmaya açık tek konu Tanrı'nın evreni ne zaman yarattığı sorusuydu. Tarihçiler, İncil'i ve dini metinleri inceleyip yaratılışı; Adem'den başlayıp her nesli sayarak, kralları ve peygamberleri not ederek yaratılışın ne zaman olduğunu bulmaya çalışıyorlardı. O kadar çok belirsizlik vardı ki araştırmayı kimin yaptığına göre bazen üç bin sene fark olabiliyordu. *Alfonsine Şemalarının* sahibi Leon ve

Kastilya'nın Kralı X. Alfonso yaratılışın M.Ö. 6904 tarihinde gerçekleştiğini söylerken Johannes Kepler'e göre yaratılış, M.Ö. 3992 tarihinde gerçekleşmişti.

En titiz hesaplama 1624 yılında Armagh Başpiskopos'u olan James Ussher tarafından yapılmıştı. Bilinen en eski İncil metinlerini bulması için Orta Doğu'ya bir ajan göndermişti, böylece çeviri ve tefsirlerde oluşabilecek hataları da gidermeye çalışıyordu. Aynı zamanda Eski Ahit'te geçen bir olayı tarihe bağlamak için de çok uğraştı. Sonunda Buhtunnasır'ın ölümünün Kralların İkinci Kitabında dolaylı olarak bahsedildiğini keşfetti. Buhtunnasır aynı zamanda astronom Batlamyus tarafından yazılmış olan Babil Kralları listesinde olduğu için modern tarih kayıtlarıyla ilişkilendirilebilirdi. Sonuç olarak, büyük uğraşlardan sonra Ussher yaratılış tarihini M.Ö. 4004 yılında, 22 Ekim Cumartesi günü olarak belirledi. Daha da detaya inip Yaratılış suresindeki "akşam ve sabah ilk günü oluşturdu" ayetine dayanarak evrendeki zamanın akşam saat altıda başladığını söyledi.

Her ne kadar günümüzde bu, İncil'in saçma bir yorumu olarak görünse de, yaratılış konusunda tek otorite olarak İncil'i tanıyan bir toplumda gayet mantıklı sayılıyordu. Gerçekten de Piskopos Ussher'ın tarihi, Anglikan Kilisesi tarafından 1701 yılında resmi olarak tanındı ve Kral James İncil'inin başına eklendi ve yirminci yüzyıla kadar doğru sayıldı. Bilim adamları ve filozoflar bile XIX. yüzyıla kadar Ussher'ın tarihini doğru kabul ettiler.

Ancak Charles Darwin doğal seçim ve evrim teorisi üzerine kitabını yayınladığı zaman M.Ö. 4004 yılını yaratılışın başlangıç tarihi olarak almak, sorgulanmaya başlandı. Darwin ve destekçileri doğal seçim teorisine inandıkları için evrim sürecinin çok uzun sürdüğünü ve Ussher'ın dediği gibi Dünya'nın sadece altı bin yaşında olduğuna inanmayı zorlaştırdığını düşünüyorlardı. Sonuç olarak Dünya'nın yaşını bilimsel olarak bulmak ve Dünya'nın yaşını milyonlarca hatta milyarlarca yıl geriye atmak için koordine bir çalışma başladı. Viktorya dönemi je-

ologları, tortul kaya birikimlerini incelediler ve Dünya'nın en azından birkaç milyon yıl yaşında olduğunu tahmin ettiler. 1897 yılında Lord Kelvin başka bir teknik kullandı: Dünya oluştuğu zaman kayaların eriyecek kadar sıcak olacağını varsayarsak, şu anki sıcaklığına gelmesi için en azından yirmi milyon yıl geçmesi gerektiğini belirtti. Birkaç yıl sonra John Joly, başka bir varsayımda bulundu ve okyanusların başlangıçta saf su olduklarını söyledi. Okyanusların şu anki tuzluluk oranına gelmesi için ne kadar zaman geçmesi gerektiğini de tahmin ederek Dünya'nın yaşının aşağı yukarı 100 milyon yıl olduğunu buldu. Yirminci yüzyılın ilk yarılarında fizikçiler radyoaktivite kullanılarak Dünya'nın yaşının hesaplanabileceğini iddia ettiler ve 1905 yılında Dünya'nın yaklaşık 500 milyon yaşında olduğunu söylediler. Bu yöntem üzerine yapılan teknik biraz rötuşlanarak 1907 yılında Dünya'nın bir milyar yaşında olduğu bulundu. Yaratılışa bir tarih verme oyunu büyük bir bilimsel yarıştı, ama her yeni ölçümle Dünya'nın yaşının daha da eski olduğu anlaşılıyordu.

Bilim adamları, Dünya'nın yaşındaki büyük değişimle beraber evreni algılayışlarında da bir değişim olduğunu gözlemlediler. XIX. yüzyıldan önce bilim adamları genellikle doğal afetlerin evrenin yaratılışında büyük rol oynadığını ve evrenin başlangıcını anlamak için doğal afetlerin incelenmesi gerektiğini savunan görüşteydiler. Başka bir deyişle Dünyamız, kayaları birden yukarı iten depremler, kutsal metinlerde geçen seller gibi ani doğal afetlerle meydana gelmişti. Dünya'nın sadece birkaç bin yıl içinde bugünkü şeklini alması için bu tip afetler şarttı. Ancak XIX. yüzyılın sonuna doğru, Dünya'yı daha titizlikle araştırıp, yaşlı kayaların yaşları ölçüldükten sonra bilim adamları evrenin tarihini açıklamak için Dünya'nın yavaşça ve her yerde aynı şekilde değiştiğini söyleyen dünya görüşüne geçmeye başladılar. Bilim adamları dağların birden bire ortaya çıktıklarına değil, milyonlarca yıl boyunca her yıl birkaç milimetre yükselerek oluştuklarına inanmaya başlamışlardı.

Geniş kabul gören bu düşünce, Dünya'nın bir milyar yıldan daha yaşlı olduğunu, evrenin daha da yaşlı olduğunu hatta belki de sonsuz yaşta olduğunu fikir birliğiyle kabul etti. Sonsuz bir evren anlayışı bilimsel çevrelerde hoş bir yankı uyandırdı, çünkü teoremin kendine has bir sadeliği, zarafeti ve bütünlüğü vardı. Eğer evren sonsuzsa ve her zaman var olmuştysa, nasıl, ne zaman, neden ve kim tarafından yaratıldığını bulmaya gerek yoktu.

Bu görüşün en büyük savunucularından Charles Lyell, zamanın başlangıcının insanın bilebileceğinden çok daha eski olduğunu söyler. İskoç jeolog James Hutton, Lyell'ı "yaptığımız çalışmaların sonucuna göre başlangıç veya bitiş noktası göremiyoruz" diyerek destekler.

Antik Yunanlı bazı kozmologlar da bu görüşü destekleyebilirlerdi. Örneğin Anaximander, gezegenlerin ve yıldızların ebedi ve zamansız bir sonsuzlukta doğup yok olduklarını söylemiştir. Anaximander'den birkaç yıl sonra M.Ö. 500 yıllarında Efesli Herakleitos evrenin ebedi doğasını şöyle açıklar: "Hepimiz için aynı olan bu evren, ne tanrılar ne de insan tarafından yapılmıştır, her zaman var olmuştur ve olacaktır: kendi ölçülerine göre alevlenen veya yatışan, hiç sönmeyen bir ateş."

Böylece XX. yüzyılın başları itibariyle bilim adamları sonsuz bir evrende yaşamaktan memnundular. Ancak bu teori son derece derme çatma kanıtlara dayandırılmıştı. Her ne kadar gerçekten çok yaşlı, en azından milyarlarca yıllık bir evrenimiz olduğunu gösteren kanıtlar olsa da evrenin ebedi olduğu fikri, büyük oranda bir inanıştan ibaretti. Bir milyar yaşında bir Dünya'dan hareket ederek ebedi bir evren olduğunu söylemenin bilimsel bir açıklaması yoktu. Tamam, ezeli ve ebedi bir evren anlayışı sağlam ve tutarlı bir evren modeli öne sürüyordu ama bu savlar bilimsel kanıtlarla ispatlanmazsa hüsnü kuruntu olmaktan öteye gidemezlerdi. Hatta ve hatta, ezeli ve ebedi evren modeli o kadar saçma dayanaklar üzerine oturtulmuştu ki ona bilimsel teori yerine mit desek daha doğru olabilir. 1900'lerin sonsuz evren modeli, Dünya'yı gökten

ayıran dev mavi Tanrı Wulbari kadar uyduruk bir açıklamaydı.

Nihayetinde bilim adamları bu utanç verici açıklamayla yüzleşeceklerdi. Hatta XX. yüzyılın kalanını, bu son efsanenin yerine geçecek saygıdeğer ve mantıklı bir bilimsel açıklamayı bulmak için harcayacaklardı. Detaylı bir teori oluşturmak ve onu ispatlayacak bir kanıt bulmak için çabaladılar; böylece evrenin sonsuz mu yoksa sonlu mu olduğunu öğrenebileceklerdi.

Evrenin tarihi, sonlu mu yoksa sonsuz mu olduğu üzerine verilen savaşta takıntılı teorisyenler, kahraman astronomlar ve dahi deneyciler savaşacak. İsyankarlardan oluşan bir grup, son teknoloji teleskopları ve insan yapımı uyduları kullanarak amansız bir kurumu yıkmaya çalışacak. Nihai soruyu cevaplamaya çalışmamız bilim tarihindeki en büyük ve cesur maceranın habercisi olacak.

2. EVREN TEORİLERİ

[Einstein'ın izafiyet teorisi] muhtemelen insan zekâsının günümüze kadarki en büyük başarısıdır.

Bertrand Russell

Sanki hakikatle aramızda duran bir duvar çöktü. Bilginin arayış içindeki gözünün önünde daha büyük ve geniş derinlikler, daha önce tahmin bile edemediğimiz diyarlar yatmaktadır. Tüm fiziksel olayların altında yatan planı anlamaya çok daha fazla yaklaştık.

Hermen Weyl

İnsanın yıllarca hissettiği ama açıklayamadığı bir hakikati karanlıkta araması, yoğun tutku ve özgüvenle ümitsizlik arasında gidip gelme, ve en sonunda ışığa kavuşma; bunun ne demek olduğunu sadece yaşayanlar anlayabilir.

Albert Einstein

Yirminci yüzyılın başlarında kozmologlar birçok farklı evren modelini geliştirip test etmişlerdir. Bu aday modeller, fizikçiler evreni ve evreni oluşturan fizik yasalarını daha iyi anladıkça ortaya çıkmışlardı. Evreni oluşturan maddeler nelerdir ve nasıl hareket ederler? Yerçekimi etkisini ne oluşturur ve yerçekimi yıldızlarla gezegenler arasında nasıl bir ilişki oluşturur? Uzay, zamanla değişen büyük bir mekânsa fizikçiler zaman ve mekân derken neyi kastediyorlar? Önemli bir biçimde, tüm bu esaslı soruları cevaplamadan önce görünüşte çok basit ve masum görünen bir sorunun cevaplanması gerekiyordu: Işığın hızı nedir?

Bir şimşek çaktığını gördüğümüz zaman, bunun sebebi şimşegın ışık yaymasıdır. Şimşegın ışığı gözümüze gelmeden önce birkaç kilometre yol almak zorunda da kalabilir. Antik çağ filozofları, ışık hızının görme duyusunu nasıl etkilediğini merak ediyorlardı. Eğer ışık sonlu bir hızda ilerliyorsa bize ulaşması biraz zaman alabilir, yani şimşegi gördüğümüz zaman aslında artık şimşek orada olmayabilir. Öbür yanda, eğer ışık sonsuz bir hızda ilerliyorsa o zaman şimşegın ışığı, gözümüze anında gelir ve şimşek çakmasını olduğu anda görürüz. Hangisinin doğru olduğunu bulmak, antik çağ filozoflarının becerilerinin ötesindeydi.

Aynı soru ses için de sorulabilir, ama bu sefer cevap çok daha açık. Gök gürültüsü ve şimşek aynı anda gerçekleşir, ama gök gürültüsünü şimşegi gördükten sonra duyarız. Antik çağ filozofları için sesin sonlu bir hızı olduğu ve

ışığından daha yavaş olduğunu bulmak zor değildi. Böylelikle aşağıda görülen mantık zincirine dayalı bir ışık ve ses teorisi oluşturdular:

1. Bir şimşek çakması ışık ve ses yaratır.
2. Işık ya çok hızlı ya da sonsuz hızlı bir şekilde bize gelir.
3. Şimşek çakmasını ya anında ya da çok kısa bir süre içinde görürüz.
4. Ses daha yavaş bir hızda ilerler (yaklaşık saatte 1000 km.).
5. Bu yüzden şimşeğe olan uzaklığımıza göre gök gürültüsünü bir süre sonra duyarız.

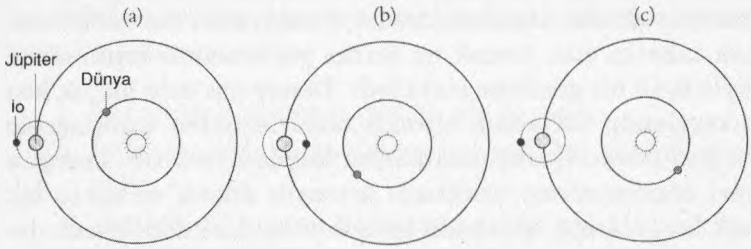
Yine de ışığın hızı ve sonlu mu yoksa sonsuz mu olduğu sorusu, Dünya'nın en büyük beyinlerini yormaya devam etti. M.Ö. IV. yüzyılda Aristoteles, ışığın sonsuz hızda ilerlediğini iddia etti; böylece olay ve olayın gözlemlenmesi aynı anda oluyordu. M.S. XI. Yüzyılda İbn-i Sina ve İbn-i Heysem, ışığın hızının son derece hızlı olmasına rağmen sonlu olduğunu bu yüzden olayları gerçekleştikten bir müddet sonra görebildiğimizi iddia ettiler.

Bariz bir şekilde görüş ayrılığı yaşanıyordu ama her iki şekilde de tartışma felsefi boyutta kaldı. Ta ki 1638'de Galileo, ışığın hızını ölçmek için bir yöntem önerene kadar. Ellerinde fenerler ve kapaklarla iki gözlemci birbirinden uzak yerlerde durur. Birinci gözlemci, ikinciye fenerle bir işaret gönderir ve ikinci de işareti görür görmez başka bir işaretle karşılık verir. İlk gözlemci, böylece gönderdiği ve aldığı işaretlerin arasındaki zamanı ölçerek ışığın hızı üzerine bir tahmin yapabilir. Maalesef Galileo o tarihlerde kör olmuştu ve ev hapsindeydi, bu yüzden bu deneyi hiç gerçekleştiremedi.

Galileo öldükten yirmi beş sene sonra, 1667'de Floransa'nın ünlü Deney Akademisi topluluğu, Galileo'nun fikrini denemeye karar verdi. İlk önce iki gözlemci birbirlerine çok uzak mesafede durmadılar. Biri diğerine işaret verdi

ve diğeri de işarete karşılık verdi. İlk gözlemci, işareti vermesiyle alması arasındaki süreyi saniyenin bir kesiri olarak tahmin etti. Ancak bu ikinci gözlemcinin tepki süresiyle ilgili bir gecikme olabilirdi. Deney üst üste birçok kez tekrarlandı; iki adam sürekli birbirlerinden uzaklaşıyor ve geri dönen işaretin zamanını kaydediyorlardı. İşaretin geri dönme süresi uzaklıkla artsaydı düşük ve sonlu bir ışık hızı olduğu anlamına gelirdi ama geri dönüş hızı değişmedi. Böylece ışığın hızının ya sonsuz ya da gözlemcilerin tepki süreleriyle kıyaslandığı zaman ışığın gözlemciler arasındaki mesafeyi kat etme süresinin çok önemsiz kalacağı kadar hızlı olduğu ortaya çıktı. Deneyciler ışık hızının saatte 10 000 km. ve sonsuz arasında bir yerde olduğu sonucuna vardılar. Işık hızı daha yavaş olsaydı gözlemciler, birbirlerinden uzaklaşırken artan bir gecikme süresi olduğunu görürlerdi.

Işık hızının sonlu mu sonsuz olduğu sorusu, Danimarkalı astronom Ole Römer ortaya çıkana kadar yanıtsız kaldı. Gençken Uraniborg'da, Tycho Brahe'nin eski rasathanesinde çalışmıştı ve rasathanenin tam konumunu ölçerek Avrupa'daki diğer gözlemcilerle Tycho'nun çalışmalarının kıyaslanmasını sağlamıştı. Mükemmel bir astronom ve gözlemci olarak ünlü olduktan sonra 1672'de prestijli Paris Bilim Akademisinde kendisine bir kürsü önerildi. Paris Bilim Akademisi; bilim adamları, kralların, krallıkların ve Papa'nın boyunduruğunun dışında bağımsız çalışmalar yürütebilsinler diye kurulmuştu. Römer Paris'teyken meslektaşları Giovanni Domenico Cassini, İo başta olmak üzere Jüpiter'in aylarıyla ilgili ilginç bir anormalliği incelemesini salık vermişti. Jüpiter'in tüm uyduları tıpkı bizim Ay'ımız gibi Jüpiter'in çevresinde düzenli bir şekilde dönmeliydi. Ama astronomlar İo'nun zamanlamasının düzensiz olduğunu görünce şoka uğradılar. Bazen İo Jüpiter'in arkasından birkaç dakika erken çıkıyor; bazen de birkaç dakika geç kalıyordu. Bir uydu nasıl bu şekilde davranabilirdi? Astronomlar, İo'nun bu uyuşuk tavrı karşısında şaşkına dönmüştü.



Şekil 19: Ole Römer, Jüpiter'in uydusu İo'yu gözlemleyerek ışık hızını ölçtü. Yukarıdaki şekiller, onun kullandığı yöntemin bir varyasyonunu temsil etmektedirler. Şekil (a)da İo, Jüpiter'in arkasında kaybolmak üzere; Şekil (b)de yörüngesinin yarısını tamamladığı için Jüpiter'in önünde. Bu sırada Jüpiter yörüngesinde çok az hareket etmiş, Dünya ise yörüngesinde epey ilerlemişti. Bunun sebebi Dünya'nın Güneş'in etrafında Jüpiter'den 12 kat hızlı hareket etmesidir. Dünya üzerindeki bir astronom da İo'nun yarım yörüngesini ne kadar zamanda tamamladığını ölçer. Şekil (c)de ise İo tekrar başladığı yere dönmüş ve yine yörüngesinin yarısını tamamlamıştır. Bu sırada da Dünya Jüpiter'den yine daha fazla uzaklaşmıştır. Astronom, Şekil b ve c arasında geçen zamanı ölçer; ilk ölçülen zamanla aynı olması gerekirken son ölçülen zaman belirgin bir şekilde daha uzundur. Bunun sebebi İo'dan gelen ışığın Dünya'ya erişmesinin daha güç olmasıdır. İki zaman aralığı ve Dünya'nın Jüpiter'e göre değişen konumu ölçülerek ışığın hızı ölçülebilir.

Gizemi araştırmak için Römer, Cassini tarafından kaydedilmiş İo'nun konumlarını ve zamanlarını inceledi. Mantıklı bir cevap bulamıyordu. Fakat Şekil 19'da gösterildiği gibi Römer ışığın sonlu bir hızı varsa her şeyi açıklayabileceğini anladı. Bazen Jüpiter ve Dünya, Güneş'in aynı tarafındaydılar; başka zamanlarda ise Güneş'in farklı tarafındaydılar ve birbirlerinden daha uzaktaydılar. İki gezgenin birbirlerine en yakın ve en uzak oldukları mesafelerin arasında 300 000 000 km. vardı. Yani İo'dan yansıyan ışık, Dünya ve Jüpiter'in konumuna göre 300 000 000 km. daha fazla yol almak zorunda kalabiliyordu. Eğer ışığın sonlu bir hızı varsa, İo'dan gelen ışık bu ekstra mesafeyi kat ederken daha fazla zaman harcayacak ve İo geç

kalmış gibi görünecekti. Kısaca, Römer İo'nun düzenli bir şekilde hareket ettiğini, gecikiyormuş gibi görünmesinin sebebinin İo'dan gelen ışığın Dünya'ya gelmesinin bazen daha fazla zaman alması yüzünden olduğunu söylüyordu.

Ne olduğunu daha iyi anlamanız için şöyle bir örnek verebiliriz. Saat başı ateşlenen bir topun yanında olduğunuzu düşünün. Top patladığı zaman kronometrenizi çalıştırdınız ve saatte 100 km. ile toptan uzaklaşmaya başladınız. Böylece top tekrar patlatıldığı zaman 100 km. uzakta oldunuz. Arabanızı durdurdunuz ve uzaktan gelen hafif bir top sesi duydunuz. Ses yaklaşık saatte 1000 km. hızda gittiği için iki top patlaması arasında 60 dakika değil 66 dakika olduğunu algılersınız. 66 dakika olmasının sebebi, top sesinin size gelmek için bir 6 dakika daha yolculuk etmesi gerektiği yüzündendir. Top her saat başı düzenli bir şekilde patlamaktadır, ama sesin sonlu hızı ve yeni konumunuz yüzünden top sesini 6 dakika geç duyarsınız.

Üç yıl boyunca, İo, Dünya ve Jüpiter'in zamanlamalarını inceleyen Römer; ışık hızının saniyede 190 000 km. olarak ölçtü. Aslında ışık hızı saniyede 300 000 km. olsa da önemli olan nokta Römer'in ışık hızının sonlu olduğunu kanıtlaması ve saçma sapan bir değer bulmamasıydı. Çağlardır devam eden tartışma, sonunda bitmişti.

Fakat Römer elde ettiği sonuçları açıkladığı zaman Cassini çok sinirlenmişti, çünkü her ne kadar Römer hesaplamalarını Cassini'nin ölçümleriyle yapmış olsa da Cassini'den hiç bahsetmemişti. Cassini Römer'i eleştirenlerle birlik oldu ve ışığın sonsuz bir hıza sahip olduğunu savundu. Römer vazgeçmedi ve sonlu ışık hızı bilgisini kullanarak 9 Kasım 1676'da İo'nun tutulmasının rakiplerinin söylediği zamandan 10 dakika sonra gerçekleşeceğini tahmin etti. Gerçekten de İo birkaç dakika geç kalmıştı. Römer tekrar haklı çıktı ve ışığın hızı üzerine bir makale daha yayınladı.

Tutulma tahmini bilim adamlarının arasındaki tartışmayı bitirmeliydi, ama daha önce de Güneş merkezli ve Dünya merkezli evren modelleri arasındaki tartışmada

gördüğümüz gibi mantık ve aklın dışındaki faktörler de bilimsel fikir birliğini etkileyebiliyor. Cassini Römer'den daha yaşlıydı ve Römer'den sonra öldü, bu yüzden hayatta kalmasının sonucu olarak ve politik çalışmalarıyla Römer'in görüşünün etkili olmamasını sağladı. Ancak bir süre sonra Cassini ve meslektaşları, yerlerini Römer'in sonuçlarını önyargısız bir biçimde inceleyecek, test edecek ve kabul edecek yeni nesil astronomlara bıraktı.

Bilim adamları ışık hızının sonlu olduğunu keşfettikten sonra, ışığın yayılımı hakkındaki başka bir gizemi çözmeye çalıştılar: ışığı taşıyan ortam nedir? Bilim adamları, sesin farklı ortamlarda yol alabildiklerini biliyordu. Konuşkan insanlar seslerini gaz olan hava sayesinde duyurabiliyordu; balinalar suyun altında birbirlerine şarkı söylüyordu; ve bizler de takırdayan dişlerimizi, ağzımız ve kulaklarımız arasındaki katı kemikler vasıtasıyla duyabiliyorduk. Işık da hava, su ve cam gibi gazların, sıvıların ve katıların arasından geçebiliyordu, ama ses ve ışık arasında çok önemli bir fark vardı. Bu fark Almanya'daki Magdeburg Valisi, Otto von Guericke tarafından 1657'de gerçekleştirilecek ünlü deneylerle ortaya çıkacaktı.

Von Guericke, ilk vakum pompasını icat etmişti ve boşluğun değişik özelliklerini öğrenmeyi amaçlıyordu. Bir deneyinde iki büyük pirinç yarı küreyi ağızları bitişik bir şekilde yerleştirdi ve içindeki havayı boşalttı, böylece bu yarı küreler iki süper güçlü vantuz gibi oldular. Ardından bilimsel bir şovmenlikle, sekiz attan oluşan iki takım atlının, bu yarıküreleri birbirlerinden kopartamadıklarını gösterdi.

Daha narin bir deneyinde von Guericke, cam bir kavanozun içine çalan bir saat yerleştirdi ve içindeki havayı çekti. Kavanozun içindeki hava çekildikçe izleyiciler saatin çalmasını duyamamaya başladılar ama hâlâ saat tokmağının vurduğunu görebiliyorlardı. Böylelikle sesin boşlukta yayılamadığı kanıtlanmış oldu. Aynı zamanda ışığın boşlukta da hareket ettiği görüldü, çünkü cam kavanozun içindeki hava çekildikçe saat kaybolmadı ve kavanoz da

karanlığa gömülmedi. Garip bir şekilde eğer ışık boşlukta hareket edebiliyorsa, bazı şeyler hiçbir şeyin içinden geçebiliyor demektir.

Görünürdeki bu paradoksla karşı karşıya kalan bilim adamları, vakumun gerçekten de boş olup olmadığını merak ettiler. Kavanozdaki hava boşaltılmıştı, ama belki de hâlâ içinde bir şeyler vardı. Işığın hareket etmesini sağlayabilecek bir şeyler. XIX. yüzyılda fizikçiler tüm evrenin *luminiferous ether*¹ denilen bir maddeyle kaplı olduğunu ve bu maddenin ışığın hareket etmesini sağladığını iddia ettiler. Bu sadece varsayılan maddenin, Viktorya dönemi bilim adamı Lord Kelvin'in dediği gibi bazı çok ilginç özellikleri olması gerekiyordu.

Peki luminiferous ether nedir? Akıl almaz bir şekilde havadan daha az yoğun bir maddedir, havadan milyonlarca ve milyonlarca kez daha az yoğundur. Bu maddenin sınırları hakkında bazı tahminlerimiz var. Bu maddenin gerçek olduğuna inanıyoruz ve yoğunluğuna oranla çok rijit olduğunu düşünüyoruz: saniyede 400 milyon kere titretebilir, ama içinden geçen herhangi bir şeye karşı direnç gösteremeyecek kadar az yoğunluktadır.

Başka bir deyişle esir maddesi inanılmayacak kadar güçlü ama bir o kadar da dayanıksızdı. Aynı zamanda şeffaf, sürtünmesiz ve kimyasal olarak tepkimeye girmeyen bir maddeydi. Her yerdeydi, ancak onu tanımlamak bir o kadar zordu, çünkü kimse onu görmemişti. Kimse ona dokunmamış ve çarpmamıştı. Yine de ilk Amerikalı Nobel Fizik ödülü sahibi Albert Michelson, bu maddenin varlığını kanıtlayabileceğini düşündü.

Michelson'ın Musevi ailesi, o henüz iki yaşındayken 1854 yılında Prusya'da idam cezasından kaçmıştı. San Francisco'da büyüdü ve okudu. Amerikan Deniz Akademisi'ne yazıldı ve burada denizcilikte yirmi beşinci olurken

1. Esir maddesi

optikte birinci oldu. Akademi'nin yöneticisi Michelson'ı; "Gelecekte o bilimsel şeylere daha az zaman harcıyıp deniz toplarıyla ilgilenirsen, ÷lkene yararlı olabilecek kadar bir şeyler bildiğın bir zaman gelebilir" şeklinde azarlayacaktı. Michelson akıllıca bir hamle yapıp tam zamanlı optik araştırmaları yapmaya başladı ve 1878'de henüz yirmi beş yaşındayken ışık hızının saniyede 299 910 km $\pm$ 50 km olduğunu buldu. Bu ölçüm kendisinden önceki ölçümlerden yirmi kat daha fazla gerçeğe yakındı.

Ardından 1880 yılında Michelson, ışığı geçiren esir maddesinin varlığını kanıtlayacağını umduğu deneyini tasarladı. Kullandığı ekipman ışık hüzmelerini birbirine dik iki ayrı parçaya ayırıyordu. Hüzmelerden biri Dünya'nın uzayda yolculuk ettiğı yönle aynı doğrultuda giderken diğeri ilk hüzmeye dik açılı başka bir yönde gidiyordu. Her iki hüzme de eşit mesafe kat ettikten sonra aynalardan yansıtılıp tekrar birleşiyordu. Birleştikten sonra karışım denilen bir sürece giriyorlardı, böylelikle Michelson iki hüzmeyi karşılaştırıp yolculuk zamanlarındaki uyumsuzluğu karşılaştırabilecekti.

Michelson, Dünya'nın Güneş etrafında yaklaşık saatte 100 000 km. hızla yolculuk ettiğini biliyordu. Eğer esir maddesinin var olduğunu düşünüyorsak Dünya bu esir maddesinin de içinden geçmeliydi. Esir maddesi evrenin her yerinde var olan durağan bir madde olduğuna göre, Dünya'nın evrenin içinde hareket etmesi² bir çeşit esir maddesi rüzgârı yaratmalıydı. Bu rüzgâr daha çok rüzgârsız bir günde üstü açık bir arabanın içinde hızla giderken hissedeceğiniz rüzgâr gibidir; aslında rüzgâr yoktur ama hareketiniz yüzünden varmış gibi hissedersiniz. Bu yüzden eğer ışık, esir maddesinden geçerek ilerliyorsa, ışığın hızı da esir maddesinden etkilenmelidir. Daha da detaylı bir şekilde açıklamak gerekirse, Michelson'ın deneyinde bir ışık hüzmesi esir maddesi rüzgârına dik giderken diğeri hüzmeye, esir maddesi rüzgârına aksi yönde gidi-

2. Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketi.

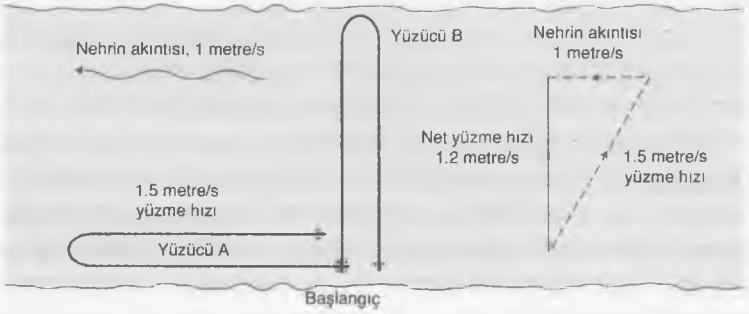
yor. Gerçekten esir maddesi varsa, ilk hüzmengin hızında bir değişiklik olmaması gerekirken, ikinci hüzmengin hızının açık bir şekilde değişmesi gerekir.

Esir maddesi rüzgârının olup olmadığını keşfetmek için yapılan bu deney karmaşık olduğu için Michelson şöyle bir benzetme yaparak açıklamaya çalıştı:

30 metre genişliğinde bir nehri geçmek isteyen ve aynı hızlarda yüzen iki yüzücünün olduğunu varsayalım. Yüzücüler saniyede 1.5 metre, nehir de sabit bir şekilde saniyede 1 metre hızla ilerliyor. Yüzücüler de şu şekilde yarışıyorlar: İkisi de nehrin aynı kıyısında, aynı yerden yarışmaya başlıyorlar; birinci yüzücü önce nehrin karşı kıyısına sonra da başladığı noktaya geri dönüyor, ikinci yüzücü ise ilk önce akıntıyla birlikte 30 metre sonra da akıntıya karşı 30 metre yüzerek başladığı noktaya geri dönüyor. Hangi yüzücü kazanır? (Çözümü için Şekil 20'ye bakınız)

Michelson, deneyi için mümkün olan en iyi ışık kaynaklarını ve aynaları kullandı ve deneyini hazırlarken alınamayacak tüm önlemleri aldı. Her şey büyük bir titizlikle hizalanmış, cilalanmış ve parlatılmıştı. Aletlerin duyarlılığını artırmak ve hata oranını minimuma indirmek için deneyin ana kaidesini civa dolu bir havuza yerleştirdi; böylece adımların neden olacağı titreşimlerin bile deneye zarar vermesi engellenecekti. Deneyin tüm amacı, esir maddesinin varlığını kanıtlamaktı, bu yüzden Michelson esir maddesini bulma şansını artırmak için elinden geleni yapmıştı; bu yüzden iki ışık hüzmecinin geliş zamanlarında hiçbir fark olmaması onu son derece şaşırtmıştı. Esir maddesinin izi bile yoktu. Bu şok edici bir sonuçtu.

Neyi yanlış yaptığını anlayamadığı için Michelson, kimyager Edward Morley'i işe aldı. Birlikte deney aletlerini tekrar bir araya getirdiler, bu arada deneyin her bir parçasının daha gelişmiş modellerini alarak daha da duyarlı sonuçlar elde etmeyi amaçladılar; ve tekrar ve tekrar deneyi yinelediler. Sonunda 1887'de, deneylerini yedi yıl tekrarladıktan sonra, nihai sonuçları yayınladılar. Hâlâ



Şekil 20: Albert Michelson bu yüzme problemini kullanarak esir maddesi deneyini açıklamaya çalıştı. Burada birbirlerine dik yönlerde yüzen ve sonrasında aynı yere dönen iki yüzücü, ışık hüzmelerini temsil etmektedirler. Yüzücülerden biri önce akıntıyla, sonra da akıntıya karşı yüzerken diğeri, akıntının içinden yüzmektedir. Problem, durgun suda saniyede 1.5 metre yüzebilen iki yüzücünün böyle bir parkurda 30 metre gittiğinde kimin kazanacağıdır. Yüzücü A ilk önce akıntıyla birlikte 30 metre yüzer sonra da akıntıya karşı 30 metre yüzerek ilk başladığı noktaya geri gelir. Yüzücü B ise 30 metre genişliğindeki nehirde karşıya geçer ve geri gelir. Nehrin akıntısı saniyede 1 metredir.

Yüzücü A'nın bu mesafeyi ne kadar zamanda yüzeceğini hesaplamak kolaydır. Akıntıyla birlikte giderken $(1.5 + 1)$ saniyede 2.5 metre ile gider. Böylece ilk 30 metreyi 12 saniyede tamamlar. Akıntıya karşı yüzerken ise saniyede sadece $(1.5 - 1)$ yarım metre hızla gidebilmektedir, ve 30 metreyi 60 saniyede tamamlar. Toplamda 60 metrelik mesafeyi 72 saniyede tamamlıyor.

Yüzücü B ise nehrin akıntısına karşı koymak için belli bir açıda yüzmek zorundadır. Pisagor formülünü kullanarak yüzücünün parkuru boyunca net 1.2 metre hızla yüzdüğünü hesaplayabiliriz. 60 metrelik parkuru saniyede 1.2 metre yüzerek 50 saniyede tamamlar.

Her ne kadar her iki yüzücü de durgun suda saniyede 1.5 metre yüzebilseler de akıntı olunca hızları değişmektedir. Michelson bunu kullanarak, Dünya'nın neden olduğu esir maddesi rüzgârına karşı ve birlikte gidecek bir ışık hüzmesinin rüzgârın içinden geçecek bir ışık hüzmesine oranla daha yavaş olacağını ispatlamak için bir deney yaptı.

esir maddesinden eser yoktu. Bu yüzden esir maddesinin var olmadığını belirtmek zorundaydılar.

Evrendeki en düşük yoğunluktaki ama en katı madde olması gibi saçma sapan özelliklerini düşündüğümüz zaman, esir maddesinin hayali bir madde olması aslında çok da şaşırtıcı olmamalıydı. Yine de, bilim adamları esir maddesinin varlığından çok kolay vazgeçemediler, çünkü ışığın nasıl hareket ettiğini açıklayan tek model oydu. Michelson bile deneyinin sonuçlarını kabul etmekte zorlanıyordu. Bir keresinde nostaljik bir şekilde; “ah sevgili esir maddesi, şimdi terkedilmişsin, ama ben az da olsa yine sana bağlıyım” dediği rivayet edilir.

Var olmayan esir maddesi krizi aslında büyük bir krizdi çünkü ışığın yanında, elektrik ve manyetik alanların da esir maddesi üzerinden hareket ettikleri düşünülüyordu.

XIX. yüzyılın sonuna gelindiğinde Michelson, esir maddesinin var olmadığını kanıtlamıştı. İronik bir biçimde Michelson, optik üzerine son derece başarılı deneyler yaparak kariyerinde yükselmişti; ama en büyük başarısı, başarısızlıkla sonuçlanmış bir deneyin sonucuydu. Her zaman için amacı, esir maddesinin varlığını kanıtlamaktı; tersi değil. Fizikçiler artık ışığın uzayda, boşluğun içinde hiçbir aracı olmaksızın hareket edebildiğini kabul etmek zorundaydılar.

Michelson'ın başarısı pahalı ve özel deney aletleriyle yılların çalışmasını gerektirmişti. Hemen hemen aynı zamanlarda, Michelson'ın başarılarından habersiz bir genç, sadece teorik akıl yürütmelerle esir maddesinin var olmadığı sonucuna varmıştı. Bu gencin adı Albert Einstein'dı.

Einstein'ın Düşünce Deneyleri

Einstein'ın gençliğinden gelen cesareti ve sonrasında ki dehasının en büyük kaynağı, etrafındaki Dünya'ya olan

inanılmaz merakıdır. Verimli, devrimci ve hayalci kariyeri boyunca hiçbir zaman evrene yön veren kanunları merak etmekten vazgeçmedi. Beş yaşındayken bile, babasının ona verdiği bir pusulanın nasıl çalıştığını çözmeye uğraşıyordu. Pusulanın iğnesine yön veren görünmez güç neydi ve neden sürekli kuzeyi gösteriyordu? Görünürde önemsiz olaylara karşı tatmin olmaz ilgisinin bir örneği olarak manyetik, Einstein için hayat boyu sürecek bir ilgi kaynağı oldu.

Biyografisini yazan Carl Selig'e dediği gibi: "Hiçbir özel yeteneğim yok. Sadece neredeyse saplantılı bir şekilde merak ediyorum." dedi ve ekledi "Önemli olan şey soru sormaktan vazgeçmemek. Merak kavramının var olma sebebi kendindedir. Sonsuzluğun, hayatın, gerçekliğin muazzam yapısının gizemlerini düşündükçe insan kendinden geçer. İnsan her gün bu gizemin birazını anlamaya çalışsa yeter." Nobel ödüllü Isidor Isaac Rabi de bunu vurgulamaktadır "Bence fizikçiler, İnsan ırkının Peter Pan'larıdır. Hiçbir zaman büyümüyorlar ve hep meraklılar."

Bu yönüyle Einstein ve Galileo, birbirlerine çok benziyordu. Einstein bir keresinde "Duvarları baştan aşağı farklı dillerde kitaplarla dolu bir kütüphaneye giren ufak bir çocuk gibiyiz" şeklinde yazmıştı. Galileo da benzer bir benzetme kullanmıştı, ama doğanın kütüphanesini tek bir kitaba ve tek bir dile sığdırmıştı ve merakla bu kitabı çözmek istiyordu, "Matematiğin dilinde yazılmış, ve karakterleri üçgenler, daireler ve diğer geometrik figürler. Bunlar olmasa bu kitabın bir kelimesini bile anlayamayız; bunlar olmasa karanlık bir labirentte yolumuzu bulmaya çalışırız"

İzafiyet kuramında Einstein ve Galileo'yu eşleştirmek de sık yapılan bir hareketti. İzafiyet prensibini ilk keşfeden Galileo'ydu ama bu kuramı açıklayan ve işler hale getiren Einstein'dı. Basit bir şekilde, Galileo'nun izafiyet anlayışı tüm hareketlerin izafi olduğu yönündedir. Yani dışarıdaki bir referans noktasına başvurmada insan hareket edip etmediğini asla bilemez. Galileo, izafiyet kavramıyla

ne anlatmaya çalıştığını *Konuşmalar* kitabında açıkça belirtmiştir:

Bir arkadaşınızla birlikte büyük bir geminin ana kamarasına kendinizi kapatın. Yanınızda sinek ve kelebek gibi küçük ve uçan hayvanlardan da olsun. Büyük bir kase suyun içinde de balık olsun; geniş bir kaba damla damla damlayacak şekilde yukarıya da bir şişe asın. Gemi hareket etmediği zaman tüm ufak hayvanların eşit hızda kamaranın her tarafına uçtuklarını, balıkların yüzdüklerini, şişenin içindeki suyun damladığını gözlemlersiniz. Ve arkadaşınıza bir şey fırlatacağınız zaman, herhangi bir yöne fırlatırken aynı çabayı gösterirsiniz. Ve zıpladığınız zaman da her zaman eşit şekilde zıplarsınız.

Tüm bunları dikkatlice gözledikten sonra... gemi dilediğiniz bir hızda harekete geçsin ve yalpalamadan sabit hızda ilerlesin. Tüm saydığımız bu hareketlerin bir tanesinde bile bir değişim gözlemleyemezsiniz veya bu hareketlere bakarak geminin hareket edip etmediğini anlayamazsınız.

Başka bir deyişle, düz bir çizgide sabit bir hızla ilerliyorsanız ne kadar hızlı gittiğinizi hatta ve hatta, ilerleyip ilerlemediğinizi anlamamanızın bir yolu yoktur. Bunun sebebi etrafınızdaki her şeyin de sizinle aynı hızda ilerlemesi ve tüm olayların (damlayan şişeler, uçan kelebekler vs.) sizin hareketinizden bağımsız bir şekilde gerçekleşmesidir. Aynı zamanda Galileo'nun bu senaryosu, geminin ana kamarasında gerçekleştiği için dış dünyayı göremezsiniz; böylelikle de dış dünyayı baz alarak hareketinizi ölçme şansınız da ortadan kalkar. Benzer bir şekilde, bir trende giderken gözlerinizi kapatıp kulaklarınızı tıkarsanız, saatte 100 km. hızla gittiğinizi veya hiç gitmediğinizi anlayamazsınız.

Bu, Galileo'nun en büyük keşiflerinden biriydi, çünkü şüpheli astronomları Dünya'nın Güneş'in etrafında döndüğüne ikna etmeye yardımcı olmuştu. Kopernik modeline karşı olan eleştirmenler Dünya'nın Güneş'in etrafında dönemeyeceğini çünkü böyle olsaydı Dünya dönerken ya-

rattığı rüzgârı sürekli hissedeceğimizi ve yerin ayaklarımızın altından çekildiğini hissedeceğimizi savunuyorlardı. Fakat Galileo'nun izafiyet teorisi, Dünya'nın uzaydaki muazzam hızını hissetmeyeceğimizi çünkü yerin ve atmosferin Dünya'yla birlikte aynı hızda hareket ettiğini açıklıyordu. Hareket halindeki bir Dünya ile duran bir Dünya arasında hissedebileceğimiz bir fark olmadığını Galileo izafiyet prensibiyle açıklıyordu.

Genel olarak Galileo'nun izafiyet prensibi dışardan bir referans noktası olmadan insanın çok hızlı veya çok yavaş ilerlediğini anlayamayacağını belirtiyordu. Bu prensip, Dünya üzerinde, bir geminin içinde veya gözleri ve kulakları kapalı bir biçimde bir trende yani izole olan herhangi bir ortamda geçerlidir.

Michelson ve Morley'in, esir maddesinin var olmadığını kanıtladığından bihaber, genç Einstein; Galileo'nun izafiyet prensibini kullanarak esir maddesinin var olup olmadığını bulmaya çalıştı. Bunun için de Galileo'nun izafiyet prensibini bir *düşünce deneyi* içinde kullandı. Bu tip deneyler genellikle gerçek dünyada yapılmaları imkânsız olduğu için sadece fizikçinin zihninde gerçekleştirilen deneylerdir. Her ne kadar tamamen teorik olsa da bir düşünce deneyi, gerçek dünyayı daha yakından anlamamızı sağlayabilir.

1896'da daha on altı yaşındayken gerçekleştirdiği bir düşünce deneyinde genç Einstein, ışık hızında ilerlerken önünde bir ayna tutarsa ne olacağını düşündü. Kendi yansımasını görebilecek miydi? Viktorya dönemi esir maddesi teorisi, esir maddesinin tüm evrene yayılmış sabit bir madde olduğunu öngörüyordu. Işık esir maddesi tarafından iletiliyordu, yani esirle karşılaştırıldığında ışık saniyede 300 000 km. hızla ilerliyordu. Einstein'ın düşünce deneyinde, Einstein, Einstein'ın yüzü ve aynası da esirin içinde ışık hızında ilerliyordu. Bu yüzden Einstein'ın yüzüne yansıyan ışık aynaya çarpmaya çalışacak ama bırakın aynaya ulaşmayı asla Einstein'ın yüzünden ayrılamayacaktı çünkü her şey ışık hızında ilerleyecekti. Eğer ışık

aynaya çarpamazsa geri de yansıyamayacaktı, böylelikle Einstein kendi yüzünü de göremeyecekti.

Bu hayali senaryo, sabit hızda ilerleyen bir nesnenin hızlı mı, yavaş mı ilerlediğinin hatta ilerleyip ilerlemediğinin bilinemeyeceğini söyleyen Galileo'nun izafiyet prensibini reddettiği için çok şaşırtıcıydı. Einstein'ın düşünce deneyi, insanın ışık hızında ilerleyip ilerlemediğini anlayabileceğini çünkü ışık hızında ilerlerken yansımaları göremeyeceğini söylüyordu.

Genç dahi, esir maddesiyle kaplı bir evrenden yola çıkarak bir düşünce deneyi yapmıştı ve sonuç bir paradoksttu, çünkü Galileo'nun izafiyet prensibine karşı geliyordu. Einstein'ın düşünce deneyi Galileo'nun gemi deneyine taşınırsa; geminin içindekiler geminin ışık hızında hareket edip etmediğini anlayabilirler, çünkü ışık hızında hareket ederlerse yansımaları aynada kaybolur. Ancak Galileo, kesin bir şekilde geminin içindekilerin, geminin hızını anlayamayacağını belirtiyordu.

Ya Galileo'nun izafiyet prensibi yanlıştı ya da Einstein'ın düşünce deneyinde yanlış yaptığı çok temel bir şey vardı. Sonunda Einstein, kendi düşünce deneyinde yanlış düşündüğü bir şeyin olduğunu anladı, çünkü deneyi esirle dolu bir evrene dayalıydı. Paradoksu çözmek için ışığın esire oranla sabit bir hızda ilerlemediğini, ışığın esir maddesi tarafından taşınmadığını hatta esirin hiç var olmadığını anladı. Elbette genç Einstein, Michelson ve Morley'in tam olarak bunu kanıtladığından bihaberdi.

Fizik'in gerçek deneylere, gerçek aletlere ve gerçek ölçümlere dayalı bir disiplin olduğu kanısındaysanız, Einstein'ın hafif dolambaçlı düşünce deneyine temkinli yaklaşabilirsiniz. Gerçekten de düşünce deneyleri Fizik'in kıyısında ve o kadar da güvenilir değildir. Bu yüzden Michelson ve Morley'in deneyi bu kadar önemliydi. Yine de Einstein'ın düşünce deneyi, genç zihninin ne kadar parlak olduğunu gösterdi; ve daha da önemlisi Einstein'ın esir maddesi olmayan bir evrenin nasıl olacağını ve ışık hızının gizemlerini çözmeye yöneltti.

Viktorya döneminde ortaya çıkan esir maddesi düşüncesi çok rahatlatıcıydı çünkü bilim adamları ışık hızı hakkında konuşurlarken demek istediklerini açıklayabiliyorlardı. Herkes ışığın sabit bir hızı, saniyede 300 000 km. olduğunu ve bunun da içinde hareket ettiği ortama yani esire göreceli olarak hesaplandığını düşünüyordu. Esir maddesi dolu Dünya'da her şey mantıklıydı. Ancak Michelson, Morley ve Einstein esir maddesinin var olmadığını kanıtlamışlardı. Peki ışık hareket etmek için bir ortama ihtiyaç duymuyorsa, ışık hızı ne anlama geliyordu? Işık hızı saniyede 300 000 km.'ydi, ama neye göre?

Einstein sonraki birkaç yıl boyunca bu soruyu düşündü. Sonunda bu problemin bir çözümünü buldu ama bu çözüm de daha çok sezgilerine dayanıyordu. İlk bakışta çözümü son derece mantıksızdı, ama sonrasında baştan sona haklı olduğu kanıtlanacaktı. Einstein'a göre ışık, *ışığı gözleyene göre* sabit bir şekilde saniyede 300 000 km. hızla ilerliyordu. Başka bir deyişle, şartlardan veya nasıl yayıldığından bağımsız bir şekilde her birimiz için ışığın hızı aynıdır, yani saniyede 300 000 km. veya 300 000 000 m. (daha da doğrusu 299 792 458 m/s). Bu fikir, sıradan nesnelerin hızları hakkında bildiğimiz her şeyle kıyaslandığı zaman saçma gelmektedir.

Sapanla bir çocuğun saniyede 40 m. ile taş attığını düşünün. Çocuktan uzak bir yerde sırtınızı duvara yasladığınızı farz edin. Sapanıyla size bir taş atıyor, böylece taş sapandan çıktığı zaman 40 m/s ile gidiyor, ikinizin arasındaki mesafeyi 40 m/s ile geçiyor ve size çarptığı zaman kesinlikle saniyede 40 m. ile gittiğini hissediyorsunuz. Eğer aynı çocuk bisikletine binip saniyede 10 m. hızla size doğru gelirken sapanla size taş atarsa; taş yine sapandan 40 m/s hızla çıkacaktır ama aradaki mesafeyi 50 m/s ile geçecek ve size çarptığı zaman yine 50 m/s hızla çarpacaktır. Eğer siz de çocuğa doğru saniyede 4 m. hızla koşarsanız durum daha da kötüleşir. Çünkü şimdi size çarpan taş 54 m/s hızla çarpmış gibi olacaktır. Kısaca, gözlemci her de-

fasında farklı etkenlerden dolayı farklı hızda bir taşla vurulmuş gibi hissedecektir.

Einstein ışığın farklı davrandığına inanıyordu. Çocuk bisikletiyle hareket etmediği zaman, bisikletin ışığı size 299 792 458 m/s hızla gelir; bisikletle size doğru 10 m/s hızla geldiği zaman, bisikletin ışığı yine 299 792 458 m/s hızla gelir; hatta siz çocuğa doğru 4 m/s hızla ilerleseniz bile, ışık size yine aynı hızla gelir. Einstein, ışığın gözlemciyle göreceli olarak sabit hızla ilerlediğini ısrarla savunuyordu. Durum ne olursa olsun, kim ölçerse ölçsün ışığın hızı her zaman aynıdır. Daha sonra yapılacak olan deneyler, Einstein'ın haklı olduğunu gösterecekti.

Einstein, ışık hızının sabit olduğundan emindi, çünkü aksi halde ışık hızında giden ve önünde ayna tutan düşünce deneyi doğru bir şekilde çalışmazdı. Einstein'ın bu düşünce deneyini, ışık hızıyla ilgili bu yeni kuralla birlikte tekrar inceleyelim. Düşünce deneyindeki gözlemci olan Einstein, ışık hızında yolculuk ediyor olsaydı yüzünden yansıyan ışık da aynı şekilde ışık hızında ilerliyor olurdu çünkü gözleyen kişiye göre ışık hızında ilerlemesi gerekirdi. Yani ışık, Einstein'ın yüzünden ışık hızında çıkar ve yine ışık hızında geri kendisine yansır; böylece de kendi yansımasını görebilirdi. Eğer boy aynasının karşısında sabit bir şekilde kendisine baksa da kesinlikle aynı şey olurdu; ışık, kendi yüzünden ışık hızında çıkar ve yine ışık hızında yüzüne geri yansıyarak aynadaki görüntüsünü görmesine yol açardı. Başka bir deyişle, ışık hızının gözlemleyen kişiye göre sabit olduğunu varsayarsak Einstein, ışık hızında mı gittiğini yoksa sabit mi durduğunu bilemez. Bu da Galileo'nun izafiyet prensibiyle uyumludur, yani hareket halinde veya değil aynı deneyimleri yaşayıp aynı şeyleri hissedersiniz.

Işık hızının gözlemciye göre sabit olması ilginç bir sonuçtu ve Einstein'ın düşüncelerini meşgul etmeye devam ediyordu. Daha çok genç olduğu için, fikirlerinin sonuçlarını hırsıyla ve gençliğin getirdiği saflıkla izliyordu. Eninde sonunda fikirlerini kamuoyuna açıklayacak ve devrimci fi-

kirleriyle Dünya'yı sallayacaktı ama şimdilik çalışmalarını kendine sakladı ve eğitime devam etti.

Okuduğu okulun otoriter yapısına rağmen bu dönemde de Einstein doğal yaratıcılığını, ve merakını korudu. Bir keresinde “Öğrenmemi engelleyen tek şey eğitimimdir” dediği kaydedilir. Derslerini çok az dinliyordu, ve ünlü hocası Hermann Minkowski bir keresinde ona, “tembel köpek” diyerek sınıftan kovmuştu. Bir diğer hocası Heinrich Weber, “Einstein sen çok zeki bir çocuksun, ama tek bir kusurun var: Sana bir şey öğretilmesine izin vermiyorsun” diyordu. Einstein hocasına fizikteki yenilikleri anlatmadığı için bu şekilde bir tavır koyuyor ve ona Profesör Weber demektense Bay Weber diyordu.

Bu irade savaşının bir sonucu olarak Profesör Weber, Einstein'ın akademik bir kariyer için ihtiyaç duyduğu tavsiye mektubunu yazmadı. Bunun sonucunda da Einstein mezun olduktan sonra yedi sene boyunca İsviçre Bern'deki bir patent ofisinde kâtiplik yapmak zorunda kaldı. Fakat bu Einstein için o kadar da kötü bir son olmadı. Büyük üniversitelerde anlatılan ve yayılan bilindik teorilerin bombardımanı altında kalmaktansa Einstein, ofisinde oturup gençlik yıllarında yaptığı düşünce deneyinin sonuçlarını tasarlayabiliyordu. Bu türden tasarıları Profesör Weber'e anlatsa kesinlikle Einstein'la dalga geçerdi. Aynı zamanda Einstein'ın “üçüncü sınıf, stajyer teknik uzman” olarak başladığı alelade işi, tüm patentleme sorumluluklarını birkaç saat içinde bitirmesine ve kalan zamanını kişisel araştırmalarına harcamasına imkân tanıyordu. Üniversitede akademisyen olsaydı, her gün kurumsal işlerle, bitmek tükenmek bilmeyen yönetim işleriyle ve ders verme sorumluluklarıyla uğraşmak zorunda kalırdı. Einstein bir arkadaşına yazdığı mektubunda ofisini “en güzel fikirlerimi oluşturduğum, dünyevi manastırımdı” olarak betimliyordu.

Katiplikle geçirdiği bu yıllar, entelektüel hayatının en verimli çağlarından biri olacaktı. Aynı zamanda duygusal anlamda da Einstein için çok zor bir dönemdi. 1902'de ba-

bası ölümcül bir şekilde hasta olunca Einstein hayatının en büyük şokunu yaşadı. Ölüm döşeginde Hermann Einstein, oğlu Albert'in Mileva Maric'le evlenmesine izin verdi. Ancak çiftin Lieserl adında bir kızları olduğunu bilmiyordu. Hatta ve hatta, tarihçiler bile 80'lerin sonunda Einstein'ın özel mektuplarını bulana kadar çiftin bir kızları olduğunu bilmiyordu. Sonradan öğrenildiği kadarıyla Mileva memleketi olan Sırbistan'a dönmüş ve orada kızını doğurmuştu. Kızlarının doğduğu haberini alır almaz Einstein, Mileva'ya bir mektup yazmıştı "Sağlığı yerinde mi? Düzgün bir şekilde ağlıyor mu? Ufacık gözleri nasıl? Hançimize daha çok benziyor? Onu kim emziriyor? Karnı aç mı? Kafasında hiç saç var mı? Onu daha hiç tanımıyorum bile ama o kadar çok seviyorum ki! ... Şu anda ağlayabiliyor ama gülmeyi daha çok sonra öğrenecek. Bunda derin bir hakikat yatıyor." Albert kızının ağladığını hiç duyamayacak veya güldüğünü hiç göremeyecekti. Çift, gayri meşru bir çocuk sahibi olmanın utancıyla yaşayamayacakları için Lieserl, Sırbistan'da evlathk edinilmesi için yetimhane vermişti.

Albert ve Mileva, 1903 yılında evlendiler ve ilk oğulları Hans Albert, bir sonraki yıl doğdu. 1905 yılında babalık ve katiplik görevleriyle uğraşan Einstein, en sonunda evren hakkındaki düşüncelerini toparlamayı başarmıştı. Teorik araştırmaları doruğa çıktı ve *Annalen der Physik* adında bir dergide yayınlandı. Bir makalesinde Brown hareketi denilen olguyu incelemiş ve maddenin atomlardan ve maddelerden oluştuğu teorisini destekleyen mükemmel bir argüman sunmuştu. Başka bir makalesinde fotoelektrik etkinin yeni geliştirilmiş olan kuantum fiziği teorisıyla açıklanabileceğini gösterdi. Bu makalesi sonradan ona Nobel ödülünü de kazandıracaktı.

Ancak üçüncü makalesi en önemlisiydi. Einstein'ın geçmişte ışık üzerine oluşturduğu düşüncelerinin bir özeti oluşturuyordu ve ışık hızı ve ışık hızının gözlemciye göreceli olan sabitliği üzerineydi. Makale, fiziğin temellerini sarsacak, yıkacak ve evreni anlamak için gerekli ku-



Şekil 21: Albert Einstein'ın özel izafilet teorisini yayınladığı ve Dünya çapında une kavuştuğu yıl olan 1905'te çekilmiş bir fotoğrafi.

ralları yeniden belirleyecekti. Işık hızının sabit olmasından çok Einstein'ın tahmin ettiği sonuçları önemliydi. Işık hızının sabit olması, Einstein için bile son derece kafa karıştırıcıydı. Makalelerini yayınladığı zaman, yirmi altı yaşına henüz basmış çok genç bir adamdı, ve *zel izafilet teorisini* dediğimiz teorisini oluştururken uzun süre kendi çalışmalarına şüpheyile bakmıştı. "İtiraf etmeliyim ki, özel izafilet teorisinin temellerini oluşturmaya başladığım zaman kendimden çok şüphe ediyordum. Gençliğimde birçok kez şaşkıncıca uzaklara gider, haftalarca bu tip sorularla ilk kez karşılaşan biri gibi şaşkınlığımı yenmeye çalışırdım."

Einstein'ın özel izafiyet teorisinin en ilginç sonuçlarından biri bildiğimiz anlamdaki zaman anlayışının tamamen yanlış olduğudur. Bilim adamları dahil herkes zamanın hiç durmayan evrensel bir saat gibi çalıştığını, kainatın kalp atışları gibi olduğunu, tüm diğer saatlerin ona göre ayarlanabileceği bir saat gibi olduğunu düşünmüşlerdi. Her birimiz aynı evrensel saate göre yaşadığımız için zaman herkes için aynı olmalıydı; aynı sarkaç herkes için bugün de yarın da, Londra'da veya Sydney'de, senin için veya benim için, aynı şekilde sallanırdı. Zamanın, mutlak, düzenli ve evrensel olduğu varsayılırdı. Hayır, dedi Einstein, zaman esnektir, genişleyip kısalabilir ve herkes için değişkendir. Özellikle, seninle birlikte hareket eden bir saat, yanındaki sabit bir saate oranla daha yavaş ilerler. Yani bir trende olsanız ve ben de istasyon'da durup siz yanımdan hızlıca geçip giderken saatinize baksam, sizin saatinizin benim saatime oranla daha yavaş hareket ettiğini görürdüm.

Bu imkânsız gibi gözüküyor ama Einstein'a göre bu mantıki olarak kaçınılmaz bir sonuçtu. Sonraki paragraflarda zamanın neden kişiye özel olduğunu ve izlenilen saatin hızıyla nasıl alakalı olduğunun kısa bir açıklaması bulunmakta. Her ne kadar işin içinde az miktarda matematik olsa da formüller gayet basit; mantıki süreci izleyebilirsiniz, Einstein'ın özel izafiyet teorisinin Dünya'ya bakış açımızı değiştirdiğini anlayabilirsiniz. Ancak matematik derslerinden kaldıysanız veya anlamadıysanız endişelenmeyin, çünkü matematik kısmını bitirdiğimiz zaman en önemli kısımlarını tekrar özetleyeceğim.

Einstein'ın özel izafiyet teorisinin zaman kavramına olan etkisini anlayabilmek için öncelikle Alice adında bir mucit olduğunu varsayalım ve Alice adındaki bu mucit ilginç bir saat icat etmiş olsun. Tüm saatler, zamanı ölçmek için sabit bir şekilde hareket eden bir mekanizmaya ihtiyaç duyarlar; bu mekanizma eski bir duvar saatindeki sarkaç da olabilir, su saatinde düzenli olarak damlayan sular da olabilir. Alice'in saatinde bu mekanizma, Şekil

22(a)'da gösterildiği gibi birbirinden 1.8 metre ayrı iki paralel ayna arasında gidip gelen bir ışık hüzmesidir. Ayna arasında gidip gelen ışık yansımaları zamanı ölçmek için idealdi, çünkü ışık hızı sabittir ve değişmez. Işık hızı 300 000 000 m/s'dir (bu rakamı 3×10^8 m/s şeklinde yazabiliriz). Her bir tık ışık hüzmesinin bir aynadan çıkıp diğerine çarparak geri dönmesi olarak tanımlanırsa Alice her tık arasındaki zamanı, aşağıdaki formüle göre algılayacaktır:

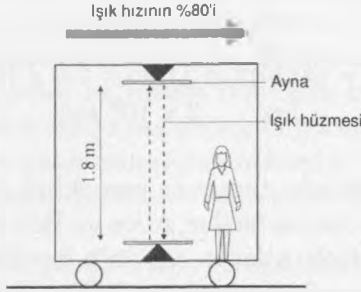
$$\text{Zaman}_{\text{Alice}} = \frac{\text{uzaklık}}{\text{hız}} = \frac{3.6 \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.2 \times 10^{-8} \text{ s}$$

Alice, düz bir doğrultuda sabit bir hızla ilerleyen bir trene biner. Her tık için geçerli olan zamanın aynı kaldığını görür. Hatırlarsanız Galileo'nun izafiyet prensibine göre kendisiyle birlikte hareket eden nesnelere bakarak insan hareket edip etmediğini anlayamaz.

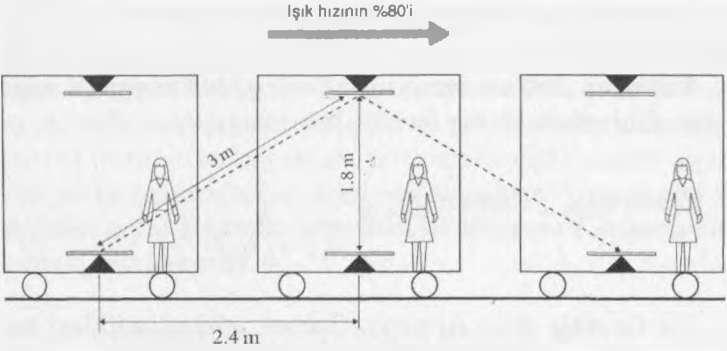
Bu arada Alice'in arkadaşı Bob, Alice'in treni Bob'un yanından ışık hızının %80 ile yani 2.4×10^8 m/s hızla geçerken bir istasyonda sabit bir şekilde beklemektedir (Alice'in treni gayet ekspres bir trenmiş) Bob, Alice ve saatini kompartımanın penceresinden görür, ve onun gördüğü kadarıyla Şekil 22(b)'de gösterildiği gibi saatin ışık hüzmesi açılı bir şekilde ilerler. Işığın yukarıya ve geri aşağıya hareketini görür ama onun bakış açısında ışık, aynı zamanda trenle birlikte yanıl bir hareket de yapar.

Başka bir deyişle, ışık hüzmesi aşağıdaki aynadan ayrılıp yukarıdaki aynaya vurana kadar saatin konumu trenle birlikte ilerlemiş, bu yüzden de ışık daha uzun olan diyagonal bir yol izlemek zorundadır. Hatta Bob'un perspektifine göre ışık hüzmesi yukarıdaki aynaya vurana dek tren 2.4 metre ileri gitmiştir, bu da diyagonal olarak ışık hüzmesinin yukarıya doğru 3 metre gitmesi gerektiğini, toplamda da 6 metre gitmesi gerektiğini gösterir. Einstein'a göre ışık hızı tüm gözleyenler için aynı olduğuna göre,

(a)



(b)



Şekil 22: Buradaki olay Einstein'ın özel izafiyet teorisinin ana sonuçlarından birini göstermektedir. Alice, ışık hüzmesi ve aynalar arasında gidip geldikçe düzenli bir şekilde çalışan ışık saatiyle birlikte trenin içindedir. Şekil (a) olayları Alice'in perspektifinden göstermektedir. Tren ışık hızının %80'iyle hareket etmektedir ama Alice'e göre saat hareket etmediği için herhangi bir farklılık göremez.

Şekil (b) aynı olayı (Alice ve saatini) Bob'un perspektifinden göstermektedir. Tren ışık hızının %80'le hareket ettiği için, aynalar arasında hareket eden ışık hüzmesinin diyagonal bir şekilde hareket ettiğini görür. Işık hızı herkes için aynı hızda olduğundan Bob, ışığın aynalar arasındaki hareketinin daha çok zaman aldığını görür, çünkü kat etmesi gereken mesafe artmıştır.

Bob için her tık arası daha uzundur. Çünkü ışık hüzmeleri aynı hızda ilerlerken kat etmesi gereken mesafe artmıştır. Bob'a göre her tık arası zaman:

$$\text{Zaman}_{\text{Bob}} = \frac{\text{uzaklık}}{\text{hız}} = \frac{6.0 \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 2.0 \times 10^{-8} \text{ s}$$

İşte bu noktada zamanın gerçekliği garipleşmeye ve rahatsız edici olmaya başlar. Alice ve Bob buluşup notlarını kıyaslarlar. Bob, Alice'in saatinin her 2.0×10^{-8} saniyede bir kez tıkladığını söylerken Alice, saatinin her 1.2×10^{-8} saniyede bir kez tıkladığını söyler. Alice saatinin normal bir şekilde çalıştığından emindir. Alice ve Bob aynı saate bakmalarına rağmen saatin tıkları arasını farklı bir şekilde görürler.

Einstein, Bob'un zamanın Alice'e göre her şartta nasıl değiştiğini gösteren bir formül hazırlamıştır:

$$\text{Zaman}_{\text{Bob}} = \text{Zaman}_{\text{Alice}} \times \frac{1}{\sqrt{1-v_A^2/c^2}}$$

Bu formüle göre Alice ve Bob'un gözlemledikleri zaman aralıkları, Alice'in Bob'a oranla hızına (v_A), ve ışık hızına bağlı olarak değişmektedir. Yukarıda belirttiğimiz duruma göre bu formüle rakamları eklersek formülün nasıl çalıştığını görebiliriz:

$$\text{Zaman}_{\text{Bob}} = 1.2 \times 10^{-8} \text{ s} \times \frac{1}{\sqrt{1-(0.8c)^2/c^2}}$$

$$\text{Zaman}_{\text{Bob}} = 1.2 \times 10^{-8} \text{ s} \times \frac{1}{\sqrt{1-0.64}}$$

$$\text{Zaman}_{\text{Bob}} = 2.0 \times 10^{-8} \text{ s}$$

Einstein bir keresinde “Elinizi bir dakikalığına sıcak bir sobanın üzerine koyun, bir dakika bir saat gibi gelecektir. Bir saat boyunca güzel bir kadınla sohbet edin, bir dakika gibi gelecektir. İşte izafiyet budur.” demişti. Fakat özel izafiyet teorisi bir şaka değil. Einstein’ın matematiksel formülü, hareket halindeki bir saate bakan herhangi birinin zamanın daha yavaş geçtiğini göreceğini tanımlar. Bu olaya *zaman genişlemesi* denmektedir. Bu fikir ilk bakışta o kadar saçma gelir ki hemen akla dört soru getirir:

1. Neden bu garip etkiyi hiç hissetmiyoruz?

Zaman genişlemesinin boyutları, ışık hızına kıyasla saatin veya nesnenin hızına bağlıdır. Yukarıdaki örnekte zaman genişlemesi bariz bir şekilde ortada çünkü Alice’in treni ışık hızının %80’iyle yani saniyede 240 000 000 m. ile hareket ediyor. Ancak Alice’in treni daha makul bir hız olan 100 m/s (360 km/h) ile hareket etse Bob Alice’in saatini, Alice’le neredeyse aynı şekilde görür. Rakamları Einstein’ın formülüne koyarsak, ikisi arasındaki zaman algılayışı farkı trilyonda bir şeklinde olacaktır. Yine başka bir deyişle, günlük zaman genişlemesi olaylarını insanın algılaması imkânsızdır.

2. Zamandaki bu farklılık gerçek mi?

Evet son derece gerçek. Birçok karmaşık, yüksek teknoloji aleti, düzgün çalışabilmek için zaman genişlemesini hesaba katmak zorundadır. Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) zaman genişlemesini hesabın içine katarak doğru bir şekilde çalışır ve uydu sistemi ile birlikte arabalardaki yol haritasını çalıştırır. GPS uyduları çok yüksek hızlarda yolculuk ettikleri ve çok titiz zamanlamalara ihtiyaç duydukları için bu etkiler önemlidir.

3. Einstein’ın izafiyet teorisi sadece ışık hüzmeleriyle çalışan saatler için mi geçerlidir?

Teori tüm saatler ve olaylar için geçerlidir. Çünkü atomik seviyede gerçekleşen tüm ilişkileri ışık yönlendirir.

Bu yüzden Bob'un algılayışına göre trendeki tüm atomik ilişkiler yavaşlamıştır. Her bir atomik ilişkiyi gözlemleyemez ama bu ilişkilerin birleşerek oluşturduğu sonucun yavaşladığını görebilir. Alice'in saatinin yavaşladığını gördüğü gibi, tren camından ona el sallayan Alice'in de yavaşladığını görecektir; göz kırpması ve düşünmesi, hatta kalp atışı bile yavaşlayacaktır. Zaman genişlemesine göre her şey benzer şekilde etkilenecektir.

4. Alice, yavaşlayan saati ve kendi hareketlerini, kendisinin hareket etmekte olduğunu göstermek üzere neden kullanamaz? Yavaşlayan saati ve hareketlerine bakıp Alice hareket ettiğini anlayamaz mı?

Yukarıda açıkladığımız tüm garip hareketler, trenin dışında olayları inceleyen Bob'a göre gerçekleşmektedir. Alice'e göre trenin içindeki her şey tamamen normal, çünkü ne saati ne de trenin içindekiler Alice'e göre hareket etmiyorlar. Göreceli olarak sıfır hareket, sıfır zaman genişlemesi anlamına gelir. Zaman genişlemesi olduğunu fark etmemesi doğal bir şey, çünkü fark etseydi Galileo'nun izafiyet prensibine karşı gelmiş olurdu. Ancak Alice, Bob'un yanından hızla geçerken ona baksaydı, Bob ve çevresindeki her şeyin zaman genişlemesine uğradığını düşüneirdi, çünkü Alice'e göre de hareket eden Bob'dur.

Özel izafiyet teorisi, fiziğin diğer yönlerini de eşit derecede büyük bir etkiyle sarsmıştır. Einstein, Alice yaklaşırken Bob'un Alice'in hareketi doğrultusunda büzüldüğünü göreceğini söyler. Başka bir deyişle eğer 2 metre boyunda ve 25 cm genişliğindeyse, Bob'a doğru yaklaşırken Bob onu, yine 2 metre boyunda ama 5 cm genişliğinde görecektir. Alice daha incelmış gözükmektedir. Bu bakış açısıyla ilgili bir illüzyon olmanın ötesinde, Bob'un uzaklık ve mekân algısında gerçekleşen bir vakıadır. Bob'un Alice'in saatinin daha yavaş gittiğini gördüğünü belirten mantık zincirinin bir unsurudur.

Yani Einstein'ın özel izafiyet teorisi, geleneksel zaman kavramı anlayışına saldırmakla kalmıyor, mekân kavramı anlayışını da yerle bir ediyordu. Zaman ve mekânın sabit ve evrensel olması yerine esnek ve kişisel olduğunu belirtiyordu. Einstein'ın kendisinin bile teorisini geliştirirken izlediği mantığa ve sonuçlarına inanmakta zorluk çektiğini duymak şaşırtıcı olmasa gerek. “Bulduğum sonuçlar çok ilginç ve çekiciydi,” diyordu “ama belki de Tanrı kakhahâlârla gülüp sopanın ucundaki havuçla beni kandırıyordu.”

Yine de Einstein kuşkularından sıyrılıp formüllerinin mantığını izlemeye devam etti. Araştırmaları yayınlandıktan sonra, akademisyenler tek başına bir patent katibinin fizik tarihindeki en önemli keşiflerden birini gerçekleştirdiğini itiraf etmek zorunda kaldılar. Kuantum teorisinin babası, Max Planck, Einstein hakkında şu sözleri sarfetti: “Özel izafiyet teorisi kanıtlanırsa, ki kanıtlanacağını düşünüyorum, Einstein yirminci yüzyılın Kopernik'i olarak anılacaktır”

Einstein'ın zaman genişlemesi ve mekân büzülmesi tahminleri, zamanı geldiğinde deneylerle ispatlanacaktı. Sadece özel izafiyet teorisi başlı başına, onu yirminci yüzyılın en büyük fizikçilerinden biri yapmaya yeterliydi, çünkü Viktorya dönemi fizik anlayışını yerle bir etmişti, ama Einstein gözünü daha da yükseklerle dikmişti.

1905'te makalelerini yayınladıktan sonra, daha da büyük bir araştırma programına girişti. Özel izafiyet teorisinin, bir sonraki araştırmasına göre “çocuk oynacağı” kalacağını söylüyordu. Ancak elde edeceği ödül de çabasına değecekti. Bir sonraki keşfi evrenin en büyük ölçekte nasıl davrandığını ortaya çıkaracak ve kozmologların en temel sorularına cevap anahtarı olacaktı.

Yerçekimi Savaşı: Einstein Newton'a Karşı

Einstein'ın fikirleri o kadar büyük bir devrim yaratmıştı ki, fizik akademisyenlerinin bu masa başında çalışan katibi aralarına almaları zaman almıştı. Her ne kadar özel izafiyet teorisi makalesini 1905'te yayınlamış olsa da Bern Üniversitesinde ilk akademik pozisyonunu almak için 1908'e kadar bekleyecekti. 1905 ve 1908 arasında Bern'deki patent ofisinde çalışmaya devam etti ve "ikinci sınıf teknik uzman"lığa terfi etti, ayrıca işinde hâlâ özel izafiyet teorisinin gücünü artırma çabalarına devam ediyordu.

Özel izafiyet teorisine "özel" denmesinin sebebi, sadece özel durumlara yani nesnenin sabit hızda ilerlediği durumlara açıklık getirmesiydi. Başka bir deyişle, Bob'un Alice'in sabit hızda ilerleyen trenini izlemesine olanak sağlıyordu ama yavaşlayan veya hızlanan bir trendeki davranışları açıklayamıyordu. Sonuç olarak Einstein, yavaşlayan veya hızlanan durumları da açıklamak için teorisini geliştirmeye çabaladı. Özel izafiyet teorisinin bu büyük açılımı yakın zaman içinde *genel izafiyet* olarak tanınacaktı, çünkü daha genel durumlara hitap ediyordu.

Einstein 1907 yılında genel izafiyet teorisini tamamladığı zaman, ona "hayatımın en mutlu düşüncesi" diyecekti. Fakat bu keşfinin ardından sekiz yıl acı çekti. Bir arkadaşına genel izafiyet teorisine olan saplantısının hayatının diğer bütün yönlerine engel olduğunu şöyle açıklıyordu: "Yazmaya vakit bulamıyorum, çünkü gerçekten muazzam şeylerle meşgulüm. Gece gündüz, son iki yıldır yavaş yavaş farkına vardığım şeyleri daha da derinden anlayabilmek için beynimi zorluyorum. Bu şeyler öyle önemli ki fiziğin temel problemlerinde daha önce düşünülmemiş ilerlemelere sebep olabilirler."

"Gerçekten muazzam şeyler" ve "temel problemler" derken Einstein, genel izafiyet teorisinin onu yeni bir yerçekimi teorisine doğru götürdüğünden bahsediyordu. Eğer Einstein haklıysa, fizikçiler fiziğin ikonlarından biri olan

Isaac Newton'ın çalışmalarını sorgulamak zorunda kalacaklardı.

Isaac Newton, babasının ölümünden üç ay sonra 1642 Noel'inde Dünya'ya gelmişti. Isaac daha çok küçükken anesi, Barnabas Smith adında, altmış üç yaşındaki bir rektörle evlendi ve yeni eşi çocuk yaştaki Isaac'ı evine kabul etmedi. Newton'ı büyütme görevi büyükannesi ve babasına düşmüştü ve her geçen yıl Newton onu terk eden annesi ve üvey babasından daha çok nefret ediyordu. Üniversitede lisans eğitimini tamamlarken hazırladığı çocukluk dönemi günahları listesinde "annemi ve üvey babamı evleriyle birlikte yakmakla tehdit etmek" yer alıyordu.

Şaşırtıcı olmayan bir biçimde Newton büyüdüğünde soğuk, hayata küskün ve bazen de zalim olan bir adam olmuştu. Örneğin 1696'da Kraliyet darphanesinin başına getirildiğinde, kalpazanları yakalamak için çok sert tedbirler almış; yakalananların da asılmasını veya işkence görerek öldürölmelerini emretmişti. Kalpazanlık İngiltere'yi ekonomik çöküşün eşiğine getirdiği için Newton verdiği cezaların gerekli olduğunu düşünüyordu. Zalimliğin yanı sıra ülkenin parasını korumak için Newton aklını da kullandı. Madeni paraların kenarlarını kırarak elde ettikleri malzemeyle yeni para basan kalpazanların planlarını bozmak için kenarları bileylenmiş paralar bastırdı.

Newton'ın katkılarını yad etmek için 1997'de basılan 2£'ların kenarlarında DEVLERİN OMUZLARI ÜZERİNDE yazıyordu. Bu sözler Newton'ın meslektaşı Robert Hooke'a yazdığı bir mektupta şöyle geçmektedir: "Eğer ufuklarım genişse sebebi devlerin omuzları üzerine çıkmış olmamdır." Bu Newton'ın tevazusunu gösteren, fikirlerinin Pisagor ve Galileo gibi devlerin fikirleri üzerine inşa edildiğini kabul eden bir söz gibi gözükmektedir. Ancak aslında, kambur olan Hooke'a gizli ve kin dolu bir gönderme yapmaktadır. Newton Hooke'un ne fiziksel ne de entelektüel olarak bir dev olmadığını belirtiyordu.

Karakter olarak ne kadar eksiği olursa olsun, Newton XVII. yüzyıl bilimine eşi benzeri olmayan bir katkı yap-

mıştır. Sadece on sekiz ay süren ve meyvelerini hemen 1666 yılında veren bir dizi araştırma sayesinde yeni bir bilimsel çağın temellerini atmıştır. 1666 yılı Newton'ın *mucizevi yılı* olarak bilinir. Her ne kadar bu terim ilk olarak İngiliz şair John Dryden tarafından 1666 yılında meydana gelen, İngiliz filosunun Hollanda'yı yenmesi ve Londra'nın büyük yangından kurtulması gibi başka olaylar için kullanılmış olsa da sonrasında Newton'a atfedilmiştir. Gerçekten de bilim adamları 1666 yılının Newton'ın keşifleri yüzünden mucizevi bir yıl olduğunu düşünürler. Newton mucizevi yılında calculus³, optik ve yerçekimi alanlarında muazzam başarılarla imza atmıştır.

Kaba tabirle Newton'ın yerçekimi yasası, evrendeki her maddenin diğer bütün maddeleri çektiğini söyler. Daha ayrıntılı bir şekilde anlatmak gerekirse, evrendeki her maddenin birbirlerine uyguladığı çekim kuvvetini

$$F = \frac{G \times m_1 \times m_2}{r^2}$$

olarak tanımlar. İki nesne arasındaki çekim kuvveti (F) nesnelerin kütlelerine (m_1 ve m_2) bağlıdır, nesnelerin kütleleri ne kadar büyükse çekim kuvvetleri de o kadar büyüktür. Ayrıca bu çekim kuvveti nesnelerin arasındaki uzaklığın karesiyle (r^2) ters orantılıdır, yani nesneler birbirlerinden uzaklaştıkça aralarındaki çekim kuvveti de azalır. Yerçekimi sabiti (G) her zaman $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$ dir ve yerçekiminin manyetizma gibi diğer kuvvetlere oranla gücünü yansıtır.

Bu formülün bu kadar güçlü olmasının sebebi Kopernik, Kepler ve Galileo'nun Güneş Sistemi hakkında söylemek istedikleri her şeyi kapsaması yüzündendir. Örneğin, dalından kopan bir elmanın yere düşmesinin sebebi, evrenin merkezine ulaşmak istediği değil, sadece Dünya'nın ve

3. Türev, integral ve diferansiyel alanlarında

elmanın k t lelerinin olması ve birbirlerini  ekmeleridir. Elma, Dünya'ya doğru hızlanır ken, Dünya'da elmaya doğru hızlanır, fakat Dünya'nın k tles i çok daha fazla olduğu için hareketi gözlemlenemez. Aynı  ekilde Newton'ın yerçekimi formülü Dünya'nın Güneş'in etrafında dönmesini de açıklar. Her iki nesnenin de bir k tles i vardır bu yüzden doğal olarak birbirlerini  ekerler, ve Güneş'in k tles i Dünya'nın kütlesinden çok daha büyük olduğu için Dünya Güneş'in etrafında döner. Hatta Newton'ın formülüyle Ay'ın ve gezegenlerin eliptik yörüngeler izledikleri de ortaya çıkarılabilir. Nitekim, Tycho Brahe'nin gözlemlerini inceleyen Kepler de aynı sonuca varmıştır.

Ölümünden yüzyıllar sonra bile Newton'ın yerçekimi kanunu, evreni yönetti. Bilim adamları yerçekimi gizeminin tamamen çözüldüğünü düşündüler ve atılan bir okun yolculuğundan kuyruklu yıldı ların yörüngelerine kadar ne varsa Newton'ın formülüyle açıkladılar. Ancak Newton'ın kendisi evreni kavrayı ının eksik olduğunu düşünüyordu: "Dünya bana ne gözle bakıyor bilmiyorum, ama ben henüz ke fedilmemi  büyük hakikat okyanusunun kıyısında oynayan ve arada sırada parlak çakıl ta ları bulan bir  ocuk gibiyim."

Yer ekiminde Newton'ın hayal ettiğinden daha fazlası olduğunu ilk düşünen kişi de Albert Einstein'dı. 1905'te tarihi makaleler yayınladığı kendi *mucizevi yılı*ndan sonra, özel izafiyet teorisini daha genel bir teoriye genişletmeye uğra tı. Bunun için de gezegenlerin, Ay'ın ve elmaların birbirlerini nasıl etkilediğinin son derece farklı ve radikal bir izahatı gerekliydi.

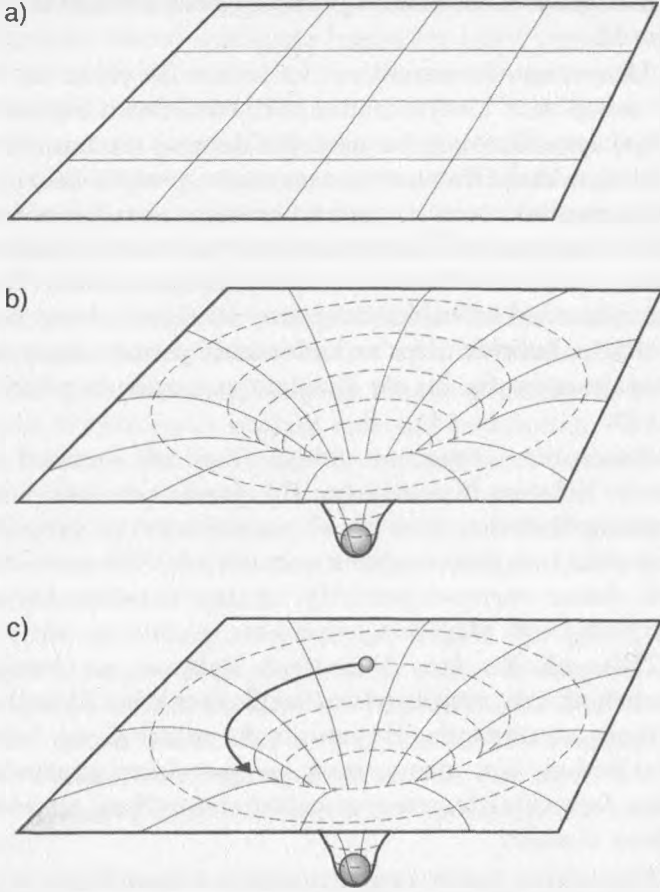
Einstein'ın yeni yaklaşımının merkezinde özel izafiyet teorisinin bir sonucu olan zamanın ve mekânın esnek olduğu keşfi yatıyordu. Hatırlarsanız Bob, Alice kendisine yakla tı ka saatin yava ladığını ve Alice'in incelidiğini görüyordu. Yani zaman ve mekânın boyutları (genişlik, uzunluk ve derinlik) esnekti. Dahası zamanın ve mekânın esneklikleri ayrılamaz bir şekilde birbirlerine bağlıydı, bu yüzden Einstein *uzayzaman* olarak tanımlanan tek bir

varlık duşundü. Esnek uzayzamanın yerçekiminin altında yatan sebep olduğu da sonradan anlaşılacaktı. Bu garip esneklik gösterisini anlamak şüphesiz ki çok güç, ama bir sonraki paragrafta Einstein'ın yerçekimi felsefesini daha basit bir şekilde anlatmaya çalışacağız.

Uzayzaman dört boyuttan oluşur; genişlik, uzunluk, derinlik ve zaman. Dört boyutu aynı anda düşünmek birçok insan için zor olacağından Şekil 23'te gösterildiğı gibi ilk önce, sadece iki boyutlu düşünerek başlayabiliriz. Bu basit model, uzayzamanın en önemli özelliklerini gösterebildiğı için güzel bir sadeleştirme olarak düşünülebilir. Şekil 23(a) uzayın (ve uzayzamanın) esnek bir bez gibi olduğunu gösterir; üzerindeki kareler, uzayda yer alan bir şey olmadığı zaman dokusunun düz ve pürüzsüz olduğunu gösterir. Şekil 23(b)'de üzerine bir nesne geldiğinde bu iki boyutlu mekânın ne kadar çok değiştiğı gösterilmekte. Bu ikinci şeklin, kütlesi çok büyük olan Güneş'in, uzayı sanki bir trampenin üzerine bırakılmış bowling topu gibi büküğünü gösterdiğini varsayalım.

Trampen benzetmesini bir adım öteye taşırsak; eğer bir bowling topu Güneş'i temsil ediyorsa Dünya'yı temsil eden bir tenis topu da onun etrafında yörüngede gezebilir (Şekil 23(c)). Tenis topu da aslında trampen üzerinde kendi ufak çukurunu yaratır ve bu çukur onunla birlikte ilerler.

Uygulamada, bir trampen üzerinde modellemeye çalışacağımız her karmaşık sistem kısa sürede başarısız olur, çünkü trampen bezinin yarattığı sürtünme nesnelerin doğal hareketlerini bozar. Yine de Einstein, uzayzamanın dokusunda bu türden trampen etkilerinin bulunduğunu savunuyordu. Einstein'a göre fizikçiler ve astronomlar ne zaman yerçekimi kuvveti ile ilgili bir olay görseler aslında nesnelerin uzayzamanın eğimine olan tepkilerini görüyorlardı. Örneğin, Newton bir elmanın Dünya'ya düşmesini ikisinin arasındaki çekimsel kuvvete bağlıyordu. Ancak Einstein yerçekimini daha iyi anladığını hissettiğı için elmanın yere düşmesinin sebebinin Dünya'nın kütle-



Şekil 23: Bu şekiller dört boyutlu uzayzamanın iki boyuta indirgenmiş çizimleridir. Şekil (a)'da boş uzayı temsil eden düz ve pürüzsüz bir yüzey gösterilmektedir. Bu yüzeyden geçen bir gezegen, düz bir çizgide hareket eder.

Şekil (b)'de Güneş gibi yüksek kütleli bir gök cisminin bu yüzeyi nasıl etkileyeceği gösterilmektedir. Oluşan çukurun boyutları cismin kütlesine göre değişmektedir.

Şekil (c)'de Güneş'in sebep olduğu çukurun etrafında yörüngede olan bir gezegen gösterilmekte. Gezegenin kendisi de uzayzamanda bir çukur oluşturmaktadır ama Güneş'e kıyasla bu çukur çok daha sığ olduğu için burada gösterilmemiştir.

sinin uzayzamanda yarattığı derin çukur olduğunu savunuyordu.

Uzayzamanda nesnelerin varlıkları iki yönlü bir ilişkiye sebep olur. Uzayzamanın şekli nesnelerin hareketini etkiler, aynı zamanda bu nesneler de uzayzamanın şeklini belirler. Yani Güneş ve gezegenlerin yönünü belirleyen uzayzamandaki çukurlar, yine Güneş ve gezegenler tarafından oluşturulur. XX. yüzyılın önde gelen izafiyetçilerinden biri olan John Wheeler bu teoriyi şöyle özetler: “Maddenin uzayın nasıl büküldüğünü, uzay maddenin nasıl hareket ettiğini belirler”. Her ne kadar uzay yerine uzayzaman demesi gerekse de, bu söz Einstein’ın teorisinin güzel bir özetidir.

Esnek bir uzayzaman olduğu fikri deli saçması gibi gelse de Einstein bunun doğru olduğundan emindi. Kendi estetik kriterlerine göre esnek uzayzaman ve yerçekimi arasındaki bağ gerçek olmak zorundaydı, “Bir teori hakkında karar vermem gerektiği zaman kendime soruyorum: Ben Tanrı olsaydım, evreni bu şekilde yaratır mıydım?” Ancak Einstein Dünya’nın kalanını da kendine inandırmak istiyorsa teorisini açıklayacak bir formül geliştirmek zorundaydı. Hayatında karşılaştığı en büyük zorluklardan biri, uzayzaman ve yerçekimi arasındaki ilişkiyi formel bir teoreme ve katı matematiksel çerçeveye dökmek olacaktı.

Einstein’ın teorik araştırmalarını tamamlayıp sezgileriyle bulduğu kavramları detaylı ve mantıklı matematiksel argümanlarla desteklemesi sekiz uzun yıl alacaktı. Bu süre içinde büyük güçlükler yaşayacak ve hesaplamalarının boşa çıktığını gördüğü dönemler geçirecekti. Gösterdiği entelektüel çaba Einstein’da neredeyse sinir bozukluklarına yol açacaktı. Bu yıllarda arkadaşlarına gönderdiği mektuplardan ruh halini ve yaşadığı buhranları görebilmekteyiz. Bir mektubunda Marcel Grossman’a yalvararak “Bana yardım etmelisin, yoksa delireceğim.” diyordu. Paul Ehrenfest’e izafiyet üzerine çalışmanın “alev ve sülfür yangınlarına göğüs germek gibi”, olduğunu söy-

lüyordu. Bir arkadaşına yazdığı başka bir mektubunda ise “yerçekimi teorisi hakkında başka bir keşif yaptım ve bu keşif bir şekilde benim akıl hastanesine yatmama sebebiyet verebilir”, diyordu.

Daha önce kimsenin bulunmadığı entelektüel topraklara gitmek için gereken cesaret hiç de küçümsenmemelidir. Max Planck 1913’te Einstein’ı genel izafiyet teorisi üzerine çalışmaması için uyarmıştı: “Daha yaşlı bir arkadaşın olarak böyle bir çalışma yapmamamı tavsiye etmem gerek, çünkü böyle bir çalışmada başarılı olamazsın, ayrıca başarılı olsan bile kimse sana inanmayacaktır”

Einstein inat etti, bu çetin sınava göğüs gerdi ve sonunda 1915’te genel izafiyet teorisini tamamladı. Newton gibi Einstein da her durumda çalışabilecek yerçekimini açıklayıp hesap etmek için yeni bir matematiksel formül geliştirmişti, fakat Einstein’ın formülü çok farklıydı ve tamamen farklı bir olgu üzerine inşa edilmişti: esnek bir uzayzamanın varlığı.

Newton’ın yerçekimi teorisi, önceki iki yüzyıl için yeterli olmuştu. Fizikçilerin eski teoriyi bırakıp Einstein’ın yeni teorisini kullanmaya başlamaları için henüz bir neden yoktu. Newton’ın teorisi elmalardan gezegenlere, top güllerinden yağmur damllarına her şeyin hareketini açıklayabiliyordu, Einstein’ın teorisinin ne manası vardı?

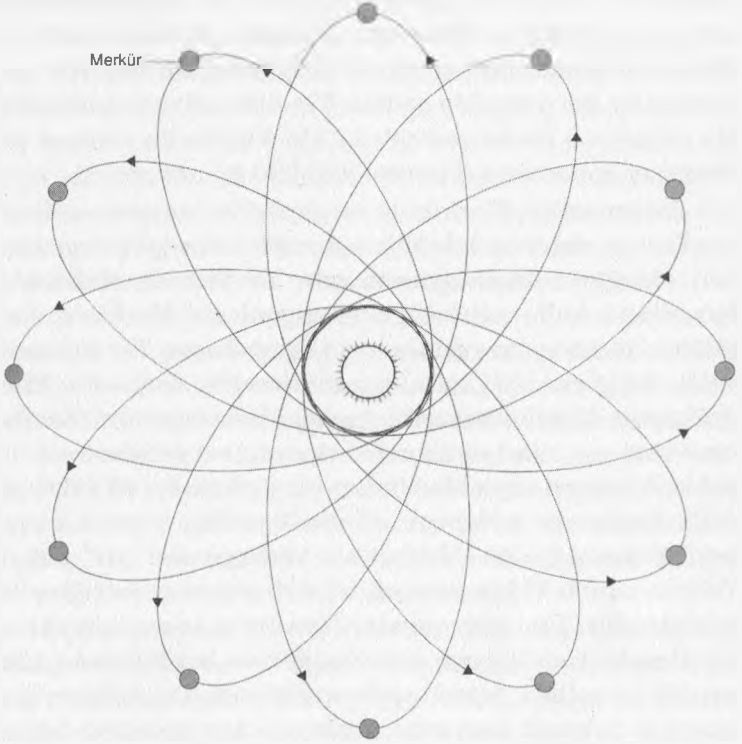
Bunun cevabı bilimsel gelişmenin doğasında yatmaktadır. Bilim adamları doğa olaylarını olabildiğince doğru bir şekilde açıklamak ve tahmin etmek için teoriler üretmeye çabalarlar. Bir teori birkaç yıl, hatta yüzyıllarca işe yarayabilir; fakat zamanla bilim adamları daha çok alanda işe yarayan, daha doğru, ve önceden açıklanamayan olayları açıklayabilen daha iyi bir teori geliştirebilirler. Tarihteki astronomlar ve Dünya’nın evrendeki yerini algılayışları da aynı bu şekilde gerçekleşmiştir. İlk önce Dünya’nın sabit olduğunu ve Güneş’in Dünya etrafında döndüğünü düşünüyorlardı. Batlamyus’un taşıyıcı ve dış çemberlerden oluşan sistemi sayesinde bu model de çalışıyor,

astronomların doğru tahminler yapabilmelerini sağlıyordu. Ancak Dünya merkezli evren teorisi zamanla yerini Güneş merkezli evren teorisine bıraktı çünkü Kepler'in eliptik yörüngelerini temel alan bu teori, daha titizdi ve teleskopla yapılan yeni gözlemleri açıklayabiliyordu. Bir teoriden diğerine geçiş, uzun ve yorucu bir süreçti ama Güneş merkezli evren teorisi kendini ispatladıktan sonra artık dönüş yoktu.

Benzer şekilde Einstein da fiziğe daha gelişmiş, gerçeklere daha yakın ve daha doğru bir yerçekimi teorisi kazandırdığını düşünüyordu. Einstein özellikle Newton'ın teorisinin bazı özel durumlarda başarısız olurken kendi teorisinin başarılı olacağını tahmin ediyordu. Einstein, Newton'ın teorisinin yerçekimi gücünün aşırı olduğu durumlarda işe yaramayacağını düşünüyordu. Bu yüzden haklı olduğunu ispatlamak için bu aşırı durumlardan birini bulmak ve Newton'ın teorisi ile kendi teorisini karşılaştırmak zorundaydı. Hangi teori olayları daha doğru bir şekilde açıklayabilirse yarışı kazanır ve gerçek yerçekimi teorisi olarak kendini ispatlardı.

Einstein'ın sorunu, Dünya'da gerçekleşen her bir olayın aynı ortalama yerçekimi seviyesinde gerçekleşiyor olmasıydı; ve bu olayları açıklamakta her iki teori de eşit şekilde başarılıydı ve aynı sonuçları veriyorlardı. Sonuç olarak Dünya'nın dışında, uzaydaki olayları incelemesi gerektiğini ve Newton'ın yerçekimi teorisindeki hataları sergileyebilecek aşırı yerçekimi gücünün yaşandığı durumları bulması gerektiğini anladı. Özellikle Güneş'in çok büyük bir çekim gücü olduğunu ve Güneş'e en yakın gezegen olan Merkür'ün bu çekimi hissedeceğini biliyordu. Güneş'in çekim gücünün Merkür'ü, Newton'ın teorisinin açıklayamayacağı ama kendi teorisinin açıklayabileceği bir şekilde hareket ettirip ettirmediğini merak ediyordu. 18 Kasım 1915'te Einstein, ihtiyaç duyduğu teste kavuştu: astronomları yıllardır şaşırtan bir gezegen hareketi.

1859'da Fransız astronom Urbain Le Verrier, Merkür'ün yörüngesinde garip bir bozukluk tespit etmişti. Ge-



Şekil 24: On dokuzuncu yüzyıl astronomları Merkür'ün yörüngesinde gözlenen bu değişim karşısında çaresiz kalmışlardır. Yukarıdaki şekil Merkür'ün yörüngesindeki değişim daha kolay anlaşılсын diye abartılmıştır; aslında Merkür'ün yörüngesi bu kadar eliptik değildir ve Güneş, Merkür'ün yörünge merkezine çok daha yakındır. Gerçekte her bir yörünge diğerinden sadece 0.00038° değişiktir. Çok küçük açılarla uğraştıkları zaman bilim adamları arkdakika ve arksaniye kullanırlar:

1 arkdakika = $1/60^\circ$; 1 arksaniye $1/60$ arkdakika ve $1/360^\circ$ dir.

Merkür'ün her bir yörüngesinde 1.383 arksaniye değişim olur. Merkür, 88 Dünya gününde Güneş'in etrafında bir yörünge tamamlar, yani Dünya'ya göre bir yüzyıl geçtikten sonra Merkür 415 kere Güneş'in etrafında dönmüş ve yörüngesini 574 arksaniye kaydırmış olur.

zegenin eliptik bir yörüngesi vardı ama bu yörünge sabit değildi ve Şekil 24'te gösterildiği gibi bu eliptik yörünge Güneş'in etrafında dönüyordu. Eliptik yörünge Güneş'in etrafında klasik bir spirograf çiziyordu. Bu değişim çok yavaştı ve her yüzyılda sadece 574 arksaniye değişiyordu. Bu değişim o kadar yavaştı ki Merkür'ün ilk orijinal yörüngesel konumuna dönmesi 200 000 yıl alıyordu.

Astronomlar, Merkür'ün bu garip davranışının sebebi- nin Güneş sistemindeki diğer gezegenlerin çekimi yüzünden olduğunu düşünüyordu ama Le Verrier, Newton'ın formülünü kullanarak diğer gezegenlerin Merkür'e olan etkisini ölçtü ve bu etkinin her yüzyıl oluşan 574 arksaniyelik değişimin 531'ini oluşturabileceğini fark etti. Yani değişimin 43 arksaniyesinin sebebi bilinmiyordu. Bazılarına göre o zamana kadar bilinmeyen ve görülmemiş bir asteroit kemeri veya Merkür'ün bir uydusu bu 43 arksaniyelik değişimin nedeniydi. Hatta bazıları, o güne kadar keşfedilmemiş olan Merkür'ün yörüngesine çok yakın, Vulkan adındaki bir gezegenin bu değişimi yarattığını bile söylediler. Yani astronomlar Newton'ın teorisinin yanlış olabileceğini akıllarına getirmediler ve kendilerinin tüm gerekli faktörleri, formüle işlemediklerini düşündüler. Kayıp olan asteroit kemerini, uyduyu veya gezegeni bulup formüle koyduklarında sonucun 574 arksaniyelik değişimi vereceğinden emindiler.

Einstein ise keşfedilmemiş bir asteroit kemeri, uydu veya gezegen olmadığından ve sorunun Newton'ın çekim teorisinde yattığından emindi. Newton'ın teorisi daha az çekim kuvvetinin gerçekleştiği dünya ortamında son derece başarılı bir şekilde çalışıyordu ama Einstein, Güneş yakınlarındaki aşırı çekim kuvveti bölgesinin Newton'ın alanı dışında olduğundan emindi. İki rakip yerçekimi teorisinin kapışması için, ideal arena bulunmuştu, ve Einstein kendi yerçekimi teorisinin Merkür'ün değişen yörüngesini açıklayabileceğinden hiç kuşku duymuyordu.

Oturup kendi formülünü kullanarak gerekli hesaplamaları yaptı ve sonuç 574 arksaniyeydi. "Birkaç gün bo-

yunca” diye yazıyordu Einstein, “mutluluktan havalarda uçuyordum.”

Maalesef bilim dünyası Einstein’ın hesaplamalarından eşit derecede etkilenmemiştir. Bilim dünyası gerek pratik amaçlar yüzünden gerek de duygusal sebeplerle gayet muhafazakâr bir topluluktur. Yeni bir teori eski bir teoriyi alt ederse, eski teorinin bırakılması ve bilimsel çerçeveden arta kalan her şeyin yeni teoriye göre tekrar düzenlenmesi gerekir. Bu çapta büyük bir devrim; sadece tüm bilimsel topluluk, yeni fikrin geçerli olduğundan tamamen emin olunca gerçekleşebilir. Bu yüzden de kanıt-lama görevi yeni teoriyi savunanlara düşmektedir. Yeni teoriye karşı oluşturulan duygusal engeller de bir o kadar yüksektir. Hayatları boyunca Newton fiziğini kullanmış ve onunla düşünmüş yaşlı bilim adamları, gerçek olarak algıladıkları teoriyi yeni yetme bir teorinin yıkmasına hemen izin vermediler. Mark Twain de bu konuda şunları söyler: “Bir bilim adamı kendisinin bulmadığı bir teoriye karşı hiçbir zaman anlayışlı davranmaz.”

Bilim dünyası, Newton’ın teorisinin doğru olduğunu ve astronomların er ya da geç Merkür’ün yörüngesel değişimini açıklayacak yeni bir gök cismi bulacaklarını düşündü. Merkür’ün daha yakından izlenmesi, yeni bir asteroit kemeri, uydu veya gezegen olmadığını gösterdiği zaman astronomlar, Newton’ın teorisini haklı çıkarmak için yeni bir çözüm önerdiler. Newton’ın formülünün bir bölümünü değiştirerek yani r^2 ’yi $r^{2.00000016}$ yaparak klasik yaklaşım tarzlarını kurtarıyor ve Merkür’ün değişen yörüngesini açıklayabiliyorlardı.

$$F = \frac{G \times m_1 \times m_2}{r^{2.00000016}}$$

Ancak bu sadece matematiksel bir hileydi. Fizik biliminde bir açıklaması yoktu ve Newton’ın yerçekimi teorisini kurtarmak için yapılan son bir hamleydi. Gerçek-

tende bu tür matematiksel hileler, Batlamyus'un Dünya merkezli evren modelini kurtarmak için geliştirdiği modellere dışçemberler üzerine dışçemberler eklemesine benziyordu.

Eğer Einstein böyle bir muhafazakârlığı alt edip eleştirmenlerinin ve Newton'ın yanıldığını ispatlayacaksa teorisini destekleyen başka kanıtlar bulmak zorundaydı. Newton'ın teorisinin açıklayamadığı ama kendi teorisinin açıklayabildiği bir olay bulmak zorundaydı. Einstein, yerçekimi, genel izafiyet ve uzayzaman kavramlarının doğru olduğunu şüphe götürmeyecek bir şekilde ispatlayacak olağanüstü bir kanıt bulmalıydı.

En Büyük Ortaklık: Teori ve Deney

Yeni bir bilimsel teori, ciddiye alınmak istiyorsa iki sınavı geçmek zorundadır. Öncelikle hâlihazırda yapılmış gözlemleri doğrulayan teorik sonuçlar vermelidir. Einstein'ın yerçekimi teorisi bu testi geçmişti, çünkü başka şeylerin yanı sıra Merkür'ün yörüngesinin tam olarak ne kadar değiştiğini doğru hesaplamıştı. Daha doğrulayıcı olan ikinci sınavda, teorinin henüz yapılmamış gözlemleri de doğru bir şekilde tahmin etmesi gerekir. Bilim adamları bunun ardından bu gözlemleri yapar ve teorinin öngördüğü sonuçları elde ederlerse teorinin doğru olduğu kanıtlanmış olur. Kepler ve Galileo, Dünya'nın Güneş'in etrafında döndüğünü söyledikleri zaman ilk testi hemen geçmişlerdi, çünkü gezegenlerin bilinen hareketlerini teorileriyle açıklayabiliyorlardı. İkinci test ise ancak Galileo Venüs'ün safhâlârını gözlemleyip Kopernik'in önceden yaptığı tahminlerle uyumlu olduğunu gösterdikten sonra geçilebildi.

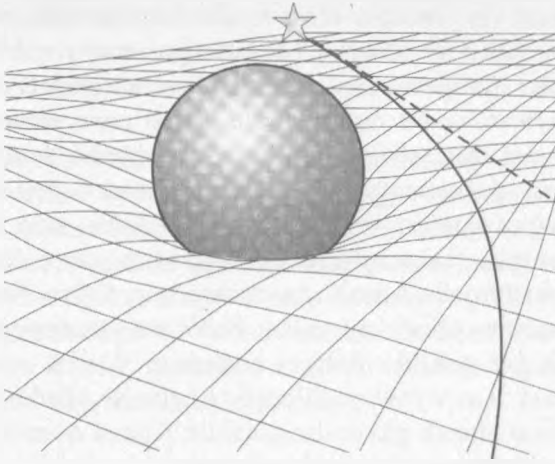
Teoriye şüpheyle bakanları ikna etmek için ilk sınavın yeterli olmamasının sebebi, teorinin içindeki formüllerle oynayıp gerekli cevabı vermesi için hile yapılmış olabileceği korkusudur. Buna karşın, henüz yapılmamış bir gözle-

min sonucuyla uyumlu olması için bir formülü çarpıtmazsınız. Alice ve Bob'un borsada yatırım yapmak için mükemmel olduğunu söyledikleri birer sistemleri olduğunu varsayalım ve siz de ikisinden birine para yatıracaksınız. Bob sizi ikna etmek için borsanın dünkü sonuçlarını gösteriyor ve sisteminin bu sonuçları nasıl doğru tahmin edebileceğini gösteriyor. Öbür yandan Alice, size yarınki borsa sonuçları tahminlerini gösteriyor ve yirmi dört saat sonra baktığınızda Alice'in tahminlerinin doğru olduğunu görüyorsunuz. Alice'e mi yoksa Bob'a mı yatırım yaparsınız? Açık bir şekilde Bob'un sistemini dünkü sonuçları yansıtmaları için ayarlayabileceği kuşkusudur, ve bu yüzden tam olarak güvenilir değildir. Ancak Alice'in sistemi çok daha güvenilir gözükmektedir.

Benzer şekilde Einstein, Newton'ın teorisinin yanlış, kendisinininkinin de doğru olduğunu kanıtlayacaksa o zamana kadar yapılmamış bir gözlem hakkında şaşırtıcı bir tahmin yapması gerekiyordu. Elbette bu olay aşırı yerçekiminin olduğu bir yerde gerçekleşmeliydi çünkü aksi halde Newton'ın ve Einstein'ın tahminlerinin ikisi de doğru sonucu verir ve kazanan belirlenemezdi.

Sonunda bu ölüm kalım sınavı, ışığın hareketinin gözlemlenmesiyle gerçekleşecekti. Formülünü Merkür'ün yörüngesindeki değişikliği açıklamak için kullanmadan önce bile, hatta tam olarak teorisini bitirmeden önce Einstein, yerçekimi ve ışık arasındaki ilişkiyi araştırıyordu. Uzayzaman yerçekimi formülüne göre yıldız veya büyük bir gezegenin yanından geçen herhangi bir ışık hüzmesi bu büyük kütlenin çekim alanından etkilenir ve yönünde hafif bir kırılma olur. Newton'ın yerçekimi teorisi de büyük kütleli cisimlerin, ışığı çok daha ufak bir oranla etkileyeceğini söylüyordu. Sonuç olarak eğer birileri ışığın çok büyük kütleli bir gök cisminin yanından geçerken ne kadar kırıldığını ölçebilirse Newton'ın mı yoksa Einstein'ın mı haklı olduğunu bulabilirdi.

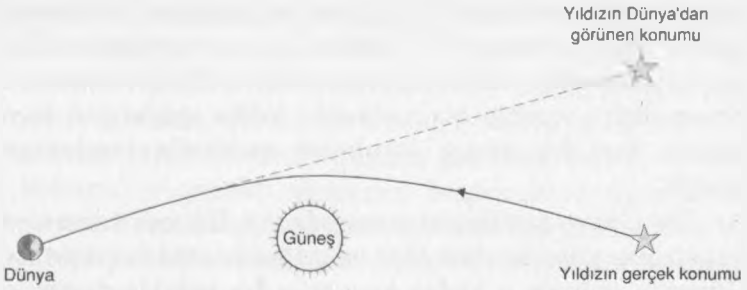
Einstein 1912'den beri Erwin Freundlich'le işbirliği yapıyor ve bu kritik ölçümün nasıl yapılabileceğini tasar-



Şekil 25: Einstein uzayzamanda derin bir çukur açacak kadar büyük olan Jüpiter'in ışığı nasıl bükebileceğini merak ediyordu. Yukarıdaki şekilde uzaktaki bir yıldızdan gelen ışık gösterilmektedir. Düz çizgi, Jüpiter olmasa ışığın nasıl ilerleyeceğini, eğimli çizgi ışığın Jüpiter tarafından nasıl büküldüğünü göstermektedir. Maalesef Jüpiter ışığı ölçülemeyecek kadar az büküyordu.

lamaya uğraşıyordu. Einstein teorik fizikle uğraşırken Freundlich, ünlü bir astronomdu ve genel izafiyet kuramının öngördüğü ışık kırılmasının nasıl gözlemlenebileceğini çok daha iyi biliyordu. Öncelikle Şekil 25'te gösterildiği gibi Güneş sistemindeki en büyük gezegen olan Jüpiter'in, bu ışık kırılmasını ölçebilecek kadar büyük olup olmadığını merak ettiler. Ancak Einstein formülünü kullanıp gerekli hesaplamaları yapınca Jüpiter'in kütlelerinin Dünya'nın 300 katı olmasına rağmen ışığı kırılmasının fark edilemeyecek kadar az olduğunu gördü. Hayal kırıklığına uğrayan Einstein Freundlich'e yazdığı bir mektupta "Keşke doğa bize Jüpiter'den daha büyük bir gezegen vermiş olsaydı" diyordu.

Ardından Jüpiter'den bin kat daha büyük olan Güneş'e yöneldiler. Bu sefer Einstein'ın hesaplamaları, Güneş'in çekim etkisinin uzaklardaki bir yıldızdan gelen ışık hüzmesi üzerinde büyük bir etki yaratacağını ve kırılma-



Şekil 26: Einstein yıldız ışığının Güneş tarafından nasıl büküldüğünü gözlemleyip genel izafiyet teorisini ispatlamayı umuyordu. Dünya ve uzayın derinliklerindeki yıldızın arasında Güneş var, ve Güneş'in yıldızın görünmesini engellemesi gerekir. Ancak Güneş'in uzayzamanda oluşturduğu çukur, yıldızın ışığının kırılmasını ve Dünya'ya ulaşmasını sağlıyor. İçgüdülerimiz bize ışığın düz bir çizgide yolculuk ettiğini söyler ve biz de ışığın geldiği yöne baktığımız zaman yıldızın gerçekte olduğundan farklı bir yönde olduğunu düşünürüz. Einstein'ın genel izafiyet teorisi Newton'ın yerçekimi kanunundan daha büyük bir bükülme tahmin ettiği için, ışığın kırılma derecesine bakarak hangi teorinin daha doğru olduğunu bulabiliriz.

nın fark edilir boyutlarda olacağını gösteriyordu. Örneğin Güneş'in arkasında ve görüş açımızın dışında yer alan bir yıldız, Şekil 26'da gösterildiği gibi göremememiz gerekir. Ancak, Güneş'in devasa çekim gücü ve uzayzamanın bükülmesi uzaktaki bir yıldızdan gelen ışık hüzmelerinin Dünya'dan görülebilecek bir şekilde bükülmesine yol açar. Hâlâ Güneş'in arkasında bulunan yıldız, Güneş'in hemen kenarındaymış gibi görünür. Asıl konumundan görünürdeki konumuna olan mesafe çok az da olsa Newton'ın mı yoksa Einstein'ın mı haklı olduğunu gösterecektir, çünkü Newton'ın sistemi, Einstein'ın tahminine oranla çok daha az bir kırılma olacağını öngörmüştür.

Ancak bir problem vardı: ışığı Güneş tarafından kırılan ve Güneş'in yanında görünen bir yıldızın görülmesi yine imkânsız olurdu çünkü Güneş çok parlaktı. Aslında Güneş'in etrafındaki bölgede her zaman yıldızlar vardır

ama onların parlaklıkları Güneş'in yanında çok sönük kaldığı için görünmezler. Sadece bir olay sırasında Güneş'in yanındaki yıldızlar görünebilirler. 1913'te Einstein, Freundlich'e yazdığı bir mektupta yıldız ışınlarının kaymasını tam bir güneş tutulması sırasında incelemeyi önerdi.

Bir Güneş tutulması sırasında Ay, Güneş'i tamamen kapatınca, gündüz gece olur ve yıldızlar ortaya çıkar. Ay, Güneş'in önünde o kadar kusursuz bir şekilde durur ki Güneş'in hemen yanında duran (aslında arkasında duran, ama Güneş'in çekim gücünün ışınlarını kırarak Güneş'in kenarında duruyormuş gibi gösterdiği) bir yıldız bile seçilebilir. Einstein, Freundlich'in geçmişte yaşanan Güneş tutulmalarının fotoğraflarını inceleyerek yıldız konumlarındaki değişimleri tespit edebileceğini, böylece de yerçekimi formülünün doğruluğunu ispatlayabileceğini umuyordu, ama ikinci el verilerin işe yaramayacağı hemen belli oldu. Yıldız ışınlarının konumlarındaki ufak değişiklikleri anlamak için çekilen fotoğrafların açıları ve netlikleri kusursuz olmalıydı, ve geçmişte çekilen fotoğrafların kalitesi yeterli değildi.

Tek bir çözüm yolu vardı. Freundlich, 21 Ağustos 1914'te Kırım'dan gözlemlenebilecek olan bir sonraki Güneş tutulmasının fotoğraflarını çekmek için özel bir sefere çıkacaktı. Einstein'ın tüm üzü bu gözlemlere bağlıydı ve bu yüzden gerekirse bu seferin masraflarını karşılamaya hazırdı. Bu konu Einstein'da o kadar saplantı haline gelmişti ki akşam yemeğinde Freundlich'i ziyarete gider, yemeği aceleyle yedikten sonra sofraya bezinin üzerinde hesaplamalar yapar ve ortağıyla birlikte doğruluklarını kontrol eder ve yanlış olan hiçbir şeyin olmadığından emin olmaya çalışırdı. Uzun yıllar sonra Freundlich'in dul kalan eşi, sofraya bezlerini yıkadığı için çok pişman olacaktır, çünkü Einstein'ın el yazılarıyla birlikte o sofraya bezleri bir servet değerinde olurdu.

Freundlich, 19 Temmuz'da Kırım'a gitmek için Berlin'den ayrıldı. Sonradan düşünüldüğü zaman aptalca bir

yolculuk olduğu belliydi, çünkü Arşidük Franz Ferdinand daha geçen ay Saraybosna'da bir suikasta kurban gitmişti, ve Birinci Dünya Savaşı'na neden olacak olaylar teker teker gerçekleşiyordu. Freundlich, Rusya'ya Güneş tutulmasının gerçekleşeceği günden çok önce varmış ve teleskobunu ve gerekli aletlerini hazırlamaya koyulmuştu, ama o yolculuktayken Almanya'nın Rusya'ya savaş ilan ettiğinden habersizdi. O zamanlar ellerinde fotoğraf makineleri ve teleskoplar taşıyan Alman vatandaşlarına hiç müsâmaha gösterilmiyordu ve doğal olarak Freundlich ve ekibi casusluk suçlamasıyla tutuklandı. Daha da kötüsü Güneş tutulması gerçekleşmeden tutuklanmışlardı ve tüm yolculukları boşuna olmuştu. Freundlich'in şansına Almanya'da hemen hemen aynı zamanlarda bir grup Rus memuru tutuklamıştı, böylece esirler değiştirilebildi ve Freundlich 2 Eylül'de Berlin'e geri dönebildi.

Bu şanssız girişim savaşın sonraki dört sene boyunca bilimsel gelişmeyi nasıl engellediğinin bir simgesi oldu. Saf bilim üzerine yapılan araştırmalar sıfıra indirgendi ve tüm çalışmalar savaşı kazanmak için yapılırken, Avrupa'nın en zeki gençleri ülkeleri için savaşmaya gönüllü oldu. Örneğin genç yaşında Oxford Üniversitesinde atom fizikçisi olarak ünlenen Harry Moseley, İngiltere ordusuna katılmak için gönüllü oldu. 1915 yazında Gelibolu'ya gönderildi ve Türk topraklarına saldıran müttefik güçlerine katıldı. Annesine gönderdiği bir mektupta Gelibolu'yu şöyle anlatıyordu: "İlgilenebildiğim tek şey sinekler. Sivri sinekler değil, kara sinekler, gece, gündüz, suda, yemekte her yerde sinekler var." 10 Ağustos şafağında 30 000 Türk askeri bir taarruz gerçekleştirdi ve Birinci Dünya Savaşı'nın en büyük ve kanlı yüz yüze çatışmalarından biri yaşandı. Taarruz sona erdiğinde Moseley yaşamını yitirmişti. Alman basını bile Moseley'in ölümünden üzüntü duymuş, bilim için büyük bir kayıp olduğunu yazmıştı.

Benzer bir şekilde Almanya'nın Potsdam Rasathanesinin direktörü Karl Schwarzschild ülkesi için savaşmaya gönüllü olmuştu. Siperlerde sıkışıp kaldığı halde makale-

ler yazmaya devam ediyordu ve hatta Einstein'ın genel izafiyet teorisi üzerine de bir makale yazmıştı. Bu makale sonradan kara deliklerin anlaşılmasına büyük katkı sağlayacaktı. 24 Şubat 1916'da Einstein makaleyi Prusya Akademisine sundu. Sadece dört ay sonra Schwarzschild ölmüştü. Doğu cephesinde ölümcül bir hastalığa yakalanmıştı.

Schwarzschild askere gönüllü yazılırken Cambridge Rasathanesindeki meslektaşı Arthur Eddington, prensip gereği askere yazılmayı reddediyordu. Dindar bir Quaker⁴ olarak yetiştirilen Eddington, tavrını açıkça belli ediyordu: "Savaşa olan itirazım dini temellere dayalıdır... Vicdani ret hakkını kullananların yokluğu savaşta yenilmemize sebep olsa bile ulusumuza, ilahî iradeye karşı gelerek fayda sağlayamayız." Eddington'ın meslektaşları, ülkeye bir bilim adamı olarak daha fazla yarar sağlayacağını söyleyerek onun askeri hizmete zorlanmamasını talep ettiler, ama Askeriye bu taleplerini reddetti. Vicdani ret hakkını kullanan Eddington'ın toplama kampına gönderilmesi kaçınılmaz gibi görünüyordu.

Fakat Kraliyet astronomu Frank Dyson araya girdi. Dyson 29 Mayıs 1919 günü, tam bir Güneş tutulması yaşanacağını ve Güneş'in arkasında Hyades takımyıldızının bulunacağını biliyordu; bu yıldız ışınlarının Güneş'in çekim kuvvetiyle nasıl kırıldıklarını görmek için mükemmel bir fırsattı. Güneş tutulması, Güney Amerika ve Orta Afrika'da gerçekleşeceği için büyük bir sefer yapılması gerekiyordu. Dyson, Askeriye'ye, Eddington'ın bu seferi organize edip gerçekleştirerek ülkesine daha büyük bir hizmette bulunacağını söyledi. Ayrıca Alman Einstein'ın genel izafiyet teorisine karşı bir İngiliz'in, Newton'ın yerçekimi teorisini korumasının şart olduğunu da belirtti. Aslında Dyson Einstein'a yürekten katılıyordu, ama böyle bir hileyle otoriteleri ikna etmeyi umuyordu. Yürüttüğü

4. XVII. yüzyılda İngiltere'de kurulan pasifist bir Hıristiyan mezhebi.

lobi faaliyetleri işe yaradı. Toplama kampı tehdidi ortadan kalktı ve Eddington, rasathanesinde 1919 Güneş tutulması için çalışmalarına başladı.

Eddington, Einstein'ın teorisini test etmek için mükemmel bir adaydı. Ömrü boyunca matematik ve astronomi ile ilgilenmiş, hatta dört yaşındayken gökyüzündeki yıldızları saymaya kalkışmıştı. Başarılı bir öğrencilik hayatının ardından Cambridge Üniversitesini de birincilikle kazanıp burslu okumuştur. Başarılı şöhretini, arkadaşlarından bir sene önce mezun olarak korudu. Akademik hayatında genel izafiyet teorisinin savunucularından biri oldu ve vakti geldiğinde *Matematiksel İzafiyet Kuramı*'nı yayınladı. Einstein bu eseri, "konunun herhangi bir dilde yazılmış en iyi sunumu" olarak övecekti. Eddington, izafiyet teorisıyla o kadar yakından ilişkilendiriliyordu ki kendisini de genel izafiyet teorisinin otoritelerinden biri olarak sayan fizikçi Ludwig Silberstein, bir keresinde Eddington'a "Dünya'da genel izafiyet teorisini anlayan üç kişiden biri siz olmalısınız" diyerek iltifat etmeye çalıştı. Eddington cevap vermeyince Silberstein, bu kadar mütevazı olmamasını söyledi. "Aksine," dedi Eddington, "üçüncü kişi kim onu merak ediyorum."

Entelektüel olarak üstün bir yaratılışa sahip olmasının yanında böyle bir sefere çıkacak güvene de sahip olan Eddington, tropik bir maceranın zorluklarına göğüs gerebilecek kadar güçlüydü de. Astronomi maceraları, bilim adamlarını fiziksel olarak çok zorladığı için bu son derece önemliydi. Örneğin XVII. yüzyılın sonlarında Fransız bilim adamı Jean d'Auteroche, Güneş'in önünden geçen Venüs'ü izlemek için iki sefer düzenlemişti. İlk olarak 1761'de Sibiry'a bir yolculuk yaptı. Burada Sibiryalı Kazaklar tarafından korunmak zorunda kalmıştı çünkü yerel halk son zamanlarda yaşanan sel felaketlerinin sebebinin bilim adamının Güneş'e doğrulttuğu aletler yüzünden olduğunu düşünüyordu. Sekiz yıl sonra yine Venüs'ü gözlemlemek için Meksika'daki Baja yarımadasına gitti.

Ancak D'Auteroche ve grubundan iki kişi hastalanıp öldüler. Sadece bir kişi hayatta kalıp değerli ölçümleri Paris'e geri götürebildi.

Başka seferler fiziksel olarak daha kolay olsa da yine de çok yorucuydu. D'Auteroche'un meslektaşlarından biri olan Guillaume le Gentil, yine 1761'de Venüs'ü izleyebilmek için Hindistan'daki bir Fransız kolonisi olan Pondicherry'ye gitmeye kalkıştı. Hedefine geldiği sırada İngilizlerin Fransızlara savaş ilan ettiğini ve Pondicherry'nin kuşatma altında olduğunu öğrendi. Hindistan'a gidemeyeceğini anlayınca Mauritius'da kalıp ticaret yaparak geçinmeye başladı ve Venüs'ün 1769'daki geçişini bekledi. Bu kez Pondicherry'ye gidebildi. Venüs, Güneş'in önünden geçmeden önce hava haftalarca güneşliydi, fakat tam ölçümleri yapacakları zaman hava bulutlandı ve gökyüzü tamamen kapandı. "Neredeyse iki hafta boyunca hiç durmadan kederliydim", diye yazıyordu günlüğünde "günlüğüme devam etmek için kalemi elime alacak cesareti az daha bulamıyordum; ve yolculuklarımla akıbetini Fransa'ya bildirmem gerektiği zaman birçok defa aynı kalem elimden düştü." 11 yıl 6 ay 13 gün sonra Fransa'ya evine döndüğü zaman evinin yağmalanmış olduğunu gördü. Yine de anılarını yazıp yayınlarak büyük ticari başarı elde etmeyi becerdi.

8 Mart 1919'da Eddington ve ekibi HMS *Anselm* adlı gemiyle Liverpool'dan ayrıldı ve ekibin ikiye ayrılacağı Maderia adasına doğru yola koyuldu. Bir grup gemide kalarak Brezilya'ya gitti ve güneş tutulmasını Sobral'dan izledi. Eddington ve ikinci grup ise *Portugal*⁵ adındaki kargo gemisine bindiler ve Batı Afrika'daki Ekvator Ginesi'nin kıyısındaki Principe adasına vardılar. Bir bölgede hava bulutlu olursa diğer ekibin daha şanslı olabileceğini umuyorlardı. Hava şartları bu türden bilimsel seferlerin başarısını veya başarısızlığını önemli ölçüde etkiliyordu,

bu yüzden her iki ekip de hedeflerine vardıkları zaman hemen ideal bir gözlem yeri bulmaya koyuldular. Eddington ilk dört tekerlekli arabalardan biriyle Principe adasını dolaştı ve sonunda adanın kuzey batısında yüksek bir bölge olan Roca Sundry'i seçti, çünkü o belge daha az bulutlu gibi görünüyordu. Ekibi de hazırlıklarını tamamlayıp tüm aletleri tekrar test ederek büyük günü beklemeye başladılar.

Güneş tutulması gözlemlerinin üç sonucu olabilirdi. Yıldızın ışığı Newton'ın tahmin ettiği gibi çok az kırılabilirdi, veya Einstein'ın umduğu üzere genel izafiyet teorisinin söylediği gibi daha büyük bir kırılma yaşanabilirdi ya da sonuç her iki yerçekimi teorisine de karşı gelebilirdi. Einstein, Güneş'in yanında görünen bir yıldızın ışığının 1.74 ark saniye (0.0005°) kırılacağını tahmin etmişti. Bu kırılma derecesi de Eddington'ın ekipmanlarının algılayabileceği orandaydı ve Newton'ın tahmin ettiği kırılmanın iki katıydı. Bu büyüklükteki açısal bir kırılma, 1 km ötede bir mumun 1 cm yana kaymasına eşdeğerdir.

Güneş tutulmasının gerçekleşeceği gün yaklaştıkça kara bulutlar, Sobral ve Principe'ye çöktü ve bir fırtına başladı. Güneş tutulması başlamadan hemen birkaç saat önce Eddington'ın gözlem yaptığı Principe'de fırtına durdu, ama hava hâlâ bulutlu olduğu için risk altındaydılar. Sonrasında olanları Eddington şöyle yazıyor: "Öğle vaktinde yağmur durdu ve yaklaşık saat bir buçukta, Güneş tutulması başlamışken Güneş'i anca görebildik. İnançla fotoğraflarımızı çekmek zorundaydık. Plakaları değiştirmekle meşgul olduğum için tutulmayı izleyemedim. Sadece bir kere tutulmanın başladığından emin olmak için, bir kere de bulutlar hâlâ var mı diye yukarı baktım..."

Gözlemci ekibi askeri nizamla çalışıyordu. Fotoğraflar çekiliyor, ve anında plakalar değiştiriliyordu. Eddington, "Sadece etrafımızın yarı aydınlık olduğunu, toplamda sadece 302 saniyemiz olduğunu haber veren metronomun ve bizim seslerimiz dışında başka bir sesin olmadığını farkındaydık." diyordu.

Principe ekibi tarafından çekilen on altı fotoğrafın çoğu, bulutlar yıldızları kapladığı için kullanılmaz haldeydi. Hatta ve hatta fotoğraflardan sadece bir tanesi, tamamen açık havada çekilebilmişti ve bilimsel bir öneme sahipti. *Uzay, Zaman ve Yerçekimi* adındaki kitabında bu değerli fotoğrafa ne olduğunu şöyle anlatıyor:

“Bu fotoğraf, Güneş tutulmasından birkaç gün sonra bir mikrometrik ölçüm makinesinde ölçülmüştü. Önemli olan sorun, yıldızların görünürdeki konumlarının Güneş’in çekim alanı tarafından nasıl etkilendiğini bulup Güneş olmadığı zaman yıldızların konumlarını gösteren bir fotoğrafla kıyaslamaktı. Kıyaslamak için ocak ayında İngiltere’de aynı teleskopla normal fotoğraflar çekilmişti. Tutulmanın fotoğrafı ve kıyaslamak için önceden çekilmiş fotoğraflar film üstüne film gelecek şekilde ölçüm makinesine yerleştirildi. Böylece yıldızların birbirlerine oranla görünürdeki değişimleri ölçülebilecekti. Bu filmlerin sonuçları Einstein’ın teorisini doğrularken Newton’ın teorisinin tahminlerini boşa çıkarıyordu.”

Tutulmanın hemen yanındaki yıldızlar Güneş’in etrafında bir hale gibi duran parlaklık yüzünden görünmüyordu. Ancak Güneş’in biraz daha uzağında olan yıldızlar görülüyordu ve bunların ışığı normal konumlarından 1 ark saniye kırılmıştı. Eddington ardından kırılmanın gücünü görünmeyen yıldızlara göre hesapladı ve kırılmanın en çok 1.61 ark saniye olabileceğini buldu. Yanlış hesaplamaların olabileceğini de işin içine katarak yanılma payını ± 0.3 ark saniye olarak hesapladı. Buna göre bulduğu sonuç, Güneş’in çekim alanının yıldız ışınlarını 1.61 ± 0.3 ark saniye kırabileceğiydi. Einstein, 1.74 ark saniyelik bir kırılma tahmin etmişti, fakat Newton çekim yasalarına göre bu kırılma en fazla 0.87 ark saniyelik olabilirdi. Eddington arkadaşlarına hemen iyimser bir telegram göndermişti: “Bulutların arasından, umutla. Eddington”

Eddington, İngiltere’ye geri dönerken Brezilya ekibi de geri dönüyordu. Sobral’daki fırtına, tutulmadan birkaç saat önce bitmiş ve hava açılmıştı; böylece gözlemciler ide-

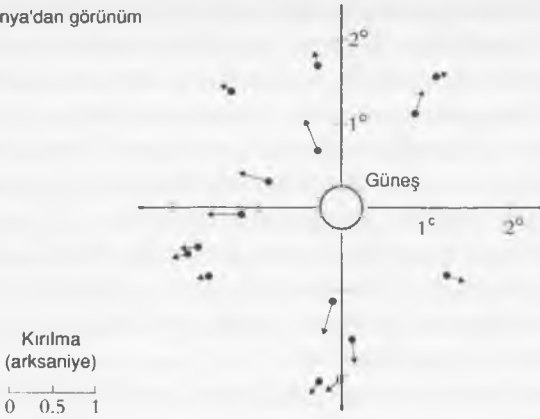
al bir şekilde tutulmayı kaydedebilmişlerdi. Buna rağmen çekilen fotoğraflar Avrupa'ya götürülmeden incelenemiyordu çünkü Brezilya'da kullanılan fotoğraf plakaları tropikal iklimin sıcak ve nemli havasında banyo edilemeyecek tiptendi. Avrupa'ya döndükten sonra birçok yıldız ışının incelenmesiyle, Brezilya ekibinin fotoğraflarından maksimum kırılma boyutlarının en fazla 1.98 ark saniye olduğu hesaplanacaktı. Her ne kadar Einstein'ın hesaplamalarından fazla olsa da hata payını düşündüğümüzde yakın bir rakam. Böylelikle Principe ekibinin sonuçlarının sağlaması da yapılmış oldu.

Resmi olarak anons edilmeden önce bile Eddington'ın gözlemlerinin sonuçları Avrupa'da kulaktan kulağa yayılmaya başlamıştı. Haberler Hollandalı fizikçi Hendrik Lorentz'in de kulağına geldi ve o da Einstein'a Eddington'ın genel izafiyet teorisi ve yerçekimi teorisinin doğruluğunu ispatlayacak güçlü kanıtlar bulunduğunu söyleyecekti. Bunun üzerine Einstein, annesine kısa bir posta kartı yolladı ve "Bugün çok mutlu haberler aldım. H.A. Lorentz bana bir telgraf yolladı ve İngiliz seferinin sonuçlarının Güneş'in yıldız ışınlarını kıldığını doğruladığını söylüyor."

6 Kasım 1919'da, Eddington'ın bulunduğu sonuçlar Kraliyet Akademisi ve Kraliyet Astronomi Akademisi'nin işbirliğiyle resmi olarak açıklandı. Matematikçi ve filozof Alfred North Whitehead, olayın bir tanığıydı: "Yoğun ilgi tam da Yunan trajedilerindeki gibiydi; bizler büyük bir olayın gelişiminde sonuçlarına hükmetmek için bekleyen koro gibiydik. Oturumdaki düzende bile dramatik bir yön vardı; geleneksel seremoniler ve arka planda iki yüzyıldan sonra ilk kez elden geçirilecek olan yerçekimi yasasını bulan Newton'ın portresi."

Eddington sahneye çıktı; tutkulu ve net bir şekilde yaptığı gözlemleri ve bu gözlemlerin ne anlama geldiklerini anlatmaya başladı. Principe ve Brezilya'da çekilen fotoğrafların Einstein'ın tasarladığı evren modelinin tartışılmaz kanıtları olduğunu düşünen Eddington, çok üstün bir performans sergiliyordu. İlerde ünlü bir astronom ola-

Dünya'dan görünüm



Şekil 27: Eddington'ın 1919 seferinde elde ettiği sonuçlar 1922'de Avustralya'dan güneş tutulmasını gözlemleyen astronomlar tarafından teyit edildi. Yukarıdaki ok şeklindeki noktalar, Güneş'in arkasındaki on beş yıldızın gerçek konumlarını göstermektedir, noktalar da güneş tutulması sırasında gözlemlenen konumlarını göstermektedir. Görebildiğiniz gibi tüm oklar dışarıya doğrudur.

cak olan Cecilia Payne, Eddington'ın konuşmasını dinlediğinde sadece 19 yaşındaydı: "Konuşmasını bitirdiği zaman Dünya'yı algılama şeklim değişmişti. Dünyam o kadar yerinden oynamıştı ki neredeyse sinirlerim boşalacaktı."

Radyo'nun öncüsü Oliver Lodge ise bu sonuçlara katılmıyordu. 1851'de doğan Lodge, Newton'la büyümüş bir Viktorya dönemi bilim adamıydı. Hatta ve hatta, hâlâ esir maddesinin varlığına inanıyor ve varlığını savunuyordu: "Esir hakkında bilmeniz gereken ilk şey mutlak devamlılığıdır. Derin sularda yüzen bir balık muhtemelen suyun varlığından bile haberdar değildir; çünkü yaşamının her anında tamamen onun içinde yer almıştır. Biz de aynı şekilde esir maddesinin içindeyiz." O ve onun düşüncesindekiler esir maddesiyle dolu Newtoncu görüşlerinden arta kalanları saklamaya uğraştılar ama bu çabaları, bulunan kanıtlar yüzünden boşunaydı.

Kraliyet Akademisinin başkanı J.J. Thomson, bu toplantıyı şöyle özetliyordu: “Eğer Einstein’ın yürüttüğü mantığın doğru olduğu kanıtlanırsa - ki iki tane çok önemli testi başarıyla geçmiştir, birincisi Merkür’ün Güneş’e en yakın olduğu nokta ve diğeri de şimdi konuştuğumuz tutulma – o zaman bu olay, insan zekâsının bugüne kadar yakaladığı en büyük başarıdır.”

Bir sonraki gün *Times*, olayı manşetine taşıdı: BİLİM’DE DEVRİM – EVRENİN YENİ TEORİSİ – NEWTON’IN FİKİRLERİ YIKILDI. Birkaç gün sonra *New York Times* manşetinde: GÖKTEKİ IŞIKLAR KIRIK, EİNSTEİN’IN TEORİSİ KAZANDI. Bir anda Albert Einstein, Dünya’daki ilk bilim süperstarı oldu. Evreni yönlendiren kuvvetleri kendisinden önce kimsenin yapamadığı kadar iyi anlamıştı ve aynı zamanda karizmatik, esprili ve filozofçaydı. Sanki gazetecilerin hayalindeki adamdı. Her ne kadar ilk başlarda ilgiden memnun olsa da, sonrasında sıkılmaya başlayacaktı. Medyanın bu çılgınlığını arkadaşı fizikçi Max Born’a şu şekilde anlatıyordu: “*Frankfurter Zeitung*’daki mükemmel makalenı okumaktan çok keyif aldım. Ancak şimdi ikimiz de basın ve başka kitleler tarafından kovalanacağız. Ama seni daha az kovalayacaklardır; bırak çalışmayı bazen hava almak için bile dışarı çıkmıyorum.”

1921’de Einstein, ilk kez ABD’ye birkaç yolculuk yaptı ve her defasında etrafında büyük bir kalabalık vardı ve tıka basa dolu salonlarda konferans veriyordu. Einstein’dan önce ve sonra kimse dünya çapında bu kadar büyük bir ün kazanmamıştı ve sevilmemişti. Einstein’ın halkın üzerindeki etkisi, New York Amerikan Doğal Tarih Müzesi’nde verdiği bir konuşmayı anlatan hafif histerik bir gazetecinin sözleriyle daha iyi anlaşılabilir:

“Büyük meteor taşlarının yanında, ana salonda bekleyen kalabalık, üniformalı görevlilerin biletleri olmayanları içeri almamasına karşı çıkıyordu. Konferansı hiç dinlemeyeceklerinden korkan bir grup genç, aniden Kuzey Amerika Yerlileri Salonunu koruyan görevlilerin üzerine



Şekil 28: Genel izafiyyet kuramının teorik çerçevesini kuran Einstein ve bu teoriyi 1919 güneş tutulmasını izleyerek kanıtlayan Sir Arthur Eddington. Bu fotoğraf, 1930'da Einstein'ın Cambridge ziyareti sırasında çekilmiştir.

atladılar... Görevliler kenara itildikten sonra meteor salonundaki erkek, kadın ve çocuklar içeri doluşmaya başladı. Biraz daha az çevik olanlar yere düştü ve üzerlerine basılmaya başlandı. Kadınlar çığlıklar içindeydi. Kenara itilen görevliler, kurtulur kurtulmaz yardım çağırdılar. Kapıdaki bekçi polis çağırdı ve birkaç dakika içinde polis görevlileri müzenin içine girdiler ve New York Emniyet Teşkilatının o güne kadar hiç karşılaşmadığı bir durumla yüz yüze geldiler: bir bilim ayaklanması.”

Her ne kadar genel izafiyyet teorisi tamamen Einstein'ın çalışması olsa da Einstein, fizikte bir devrim olan teorisinin kabul edilmesinde Eddington'ın gözlemlerinin büyük bir rol oynadığını biliyordu. Einstein teoriyi geliştirmiş; Eddington da gerçeklerle kıyaslamasını yapmıştı. Gözlem ve deney, gerçeğin en büyük hakemidir; ve Einstein her iki testten de geçmişti.

Yine de, bir öğrenci Einstein'a, Tanrı'nın yarattığı evrenin genel izafiyet teorisinde iddia edildiği gibi değil de başka bir şekilde çıkmış olsaydı nasıl davranacağını sorduğunda esprili bir yanıt vermekten geri kalmamıştı. Aşırı kibirliymiş gibi davranarak cevap verdi: "O zaman Tanrı için çok üzülürdüm, çünkü benim teorim yine de doğru olurdu."

Einstein'ın Evreni

Newton'ın yerçekimi kanunları bugün hâlâ bir tenis topunun hareketinden, asma köprülerin üzerindeki kuvvetleri ölçmeye ve bir sarkacın salınımına kadar birçok şeyi hesaplamak için kullanılmaktadır. Newton'ın formülü çekim gücünün az olduğu Dünya'daki olayları hesaplama da son derece başarılıdır. Ancak Einstein'ın yerçekimi formülü hem düşük çekim gücü olan Dünya'mızda hem de yüksek çekim gücü olan yıldızlarda kullanılmaya elverişlidir. Her ne kadar Einstein'ın teorisi Newton'inkine göre daha iyi olsa da, genel izafiyet teorisinin yaratıcısı, omuzları üzerine çıktığı XVII. yüzyıl devini övmekten geri durmuyordu. "Newton, kendi yaşadığı çağda en yaratıcı güçteki ve en yüksek entelektüel düzeydeki bir insanın bulabileceği sonuçları bulmuştu."

Einstein'ın yerçekimi teorisine gelene kadar çok zahmetli bir yol kat ettik. Işığın hızının bulunmasından, esir maddesinin var olmadığını keşfetmeye, Galileo'nun izafiyet anlayışını, özel izafiyet teorisine ve genel izafiyet teorisine kadar. Hikâyemizde şu ana kadar olup biten onca şeyden sonra hatırlamamız gereken en önemli nokta, astronomların artık çok daha iyi ve doğru bir yerçekimi anlayışına sahip olduklarıdır.

Yerçekimini anlamak astronomi ve kozmoloji için çok önemlidir, çünkü yerçekimi tüm gökcisimlerinin hareketlerini ve birbirleriyle olan ilişkilerini belirleyen güçtür. Bir meteorun Dünya'ya çarpmasını veya zararsızca yanın-

dan geçmesini; ikiz bir yıldız sisteminde iki yıldızın birbirlerinin etrafında nasıl döndüklerini; ve devasa büyüklükteki bir yıldızın kendi içine çökerek bir kara deliği nasıl oluşturduğunu yine yerçekimi belirler.

Einstein yeni yerçekimi teorisinin evreni anlayış modelimizi nasıl değiştireceğini merak ediyordu, bu yüzden 1917 Şubat'ında "Genel İzafiyet Teorisinin Kozmolojik Açılımları" adında bilimsel bir makale yayınladı. Burada dikkat edilmesi gereken kelime "kozmojik". Einstein artık Merkür'ün değişken yörüngesiyle veya Güneş'imizin yıldız ışınlarını nasıl kırdığıyla ilgilenmiyordu, bunun yerine kozmik seviyede yerçekiminin nasıl işlediğini merak ediyordu.

Einstein tüm evrenin özelliklerini ve kendi içindeki ilişkilerini öğrenmek istiyordu. Kopernik, Kepler ve Galileo evren tasavvurlarını oluştururken Güneş sistemine yoğunlaştılar ama Einstein, bir teleskobun görebileceği kadarından da fazlasıyla, gerçekten tüm evrenle ilgileniyordu. Bu makaleyi yayınladıktan kısa bir süre sonra Einstein: "Bu tür işleri yapmamızı sağlayan kafa yapısı... bir aşığın veya dindar bir insanın kafa yapısına yakındır; günlük çabamız bir programın veya bilinçli bir çabanın sonucu değildir, kalbimizden gelir."

Merkür'ün yörüngesini tahmin etmek için bir yerçekimi formülü kullanıyorsanız, bir iki yere kütleleri, mesafeyi yazarsınız ve basit işlemlerle sonucu elde edersiniz. Aynıısını tüm evren için yapmaya kalkışırsanız, bilinen ve bilinmeyen tüm yıldızları ve gezegenleri hesaba katmanız gerekir. Bu çok saçma bir hedef gibi görünebilir – elbette bu tür bir hesaplama imkânsız olmalı, değil mi? Ancak Einstein evren hakkında sadeleştirici bir varsayımda bulunarak bu hedefini çok daha kolaylaştırdı.

Einstein'ın varsayımı *kozmojik prensibi* olarak bilinir ve evrenin aşağı yukarı her yerde aynı olduğunu belirtir. Daha da önemlisi evrenin izotropik olduğunu yani nereden bakılırsa bakılsın aynı şekilde olduğunu ve görüldüğünü söyler; ve astronomlar uzaya baktıklarında bu şekil-

de olduğunu görmektedirler. Kozmoloji prensibi aynı zamanda evrenin homojen olduğunu yani nerede olursak olalım evrenin aynı göründüğünü de söyler. Bu da demektir ki Dünya, evrende özel bir yere sahip değildir.

Einstein genel izafiyet teorisini ve yerçekimi formülünü evrene uyguladığı zaman elde ettiği sonuçlardan biraz hayal kırıklığına uğradı. Bulduğu sonuçlar, evrenin değişken ve kararsız olduğunu söylüyordu. Einstein'ın yerçekimi formülü, evrendeki her cismin diğer cisimler tarafından çekildiğini gösteriyordu. Bu çekim ilk başlarda çok hafif olsa da zamanla bir çığ gibi büyüyecek ve evrendeki madde kendi içine kapanacaktı, görünüşe göre evren kendini yok etmeye mahkûmdu. Uzayzaman'ı anlamak için yaptığımız tramplen benzetmesine dönersek, birçok bowling topunun bulunduğu elastik bir yüzey var, ve bu yüzeydeki her top kendine göre bir çukur açıyor. Er ya da geç iki top birbirinin çukurunda birleşecek ve daha da büyük bir çukur oluşturacak, böylece de çekim kuvvetleri artacak ve daha çok topu kendilerine çekecekler. En sonunda da tüm toplar birleşip tek ve çok derin bir kuyu oluşturacaklar.

Bu akıl almaz bir sonuçtu. Birinci bölümde anlattığımız gibi, XX. yüzyılın başında bilim dünyası, evrenin içine çökmekte olduğu ve sonlu değil, sabit ve sonsuz olduğu konusunda hemfikirdi. Doğal olarak Einstein da içine çöküp yok olan bir evren düşüncesinden rahatsız olmuştu, "Böyle bir olasılığın olduğunu itiraf etmek saçmadır," diyordu.

Yerçekimi teorisi farklı olmasına rağmen Newton da içine çökmekte olan bir evren anlayışı ortaya koyuyordu ve kendisi de teorisinin bu sonucundan rahatsız olmuştu. Bulduğu çözümlerden biri sonsuz ve simetrik bir evren olduğunu tasarlamaktı. Bu evrende her nesne başka nesneler tarafından çekilerek dengede duruyor, böylece net bir hareket ve içine çökme yaşanmıyordu. Maalesef böyle titizlikle tasarlanmış bir evrenin kararsız olacağını hemen anladı. Teorik olarak sonsuz bir evren dengede durabilir-

di, ama uygulamada çekim dengesinde oluşacak en ufak bir değişiklik bile bu dengeyi bozacak ve faciayla sonlanacaktı. Örneğin, Güneş sisteminden geçen bir kuyruklu yıldız, geçtiği her yerdeki çekim dengesini bozardı. Geçtiği bölgeye daha fazla madde çeker, ve Dünya'nın sonunu tetikleyebilirdi. Bir kitabın sayfasını çevirmek bile evrenin dengesini bozabilirdi ve yeterince zaman geçerse faciayla sonuçlanabilirdi. Bu sorunu çözmek için Newton, zaman zaman Tanrı'nın müdahil olarak yıldızları ve gezegenleri birbirlerinden uzaklaştırdığını savundu.

Einstein, Tanrı'nın evrendeki yıldızları ayırmak için müdahil olduğuna inanmak istemiyordu, ama aynı zamanda sonsuz ve statik bir evren modeli bulmayı arzuluyordu. Genel izafiyet teorisini biraz kurcaladıktan sonra evreni yok olmaktan kurtaracak matematiksel bir hile buldu. Yerçekimi formülüne *kozmojji sabiti* dediği yeni bir özelliğin eklenebileceğini gördü. Bu özellik uzay boşluğuna evrendeki maddeleri birbirinden iten bir basınç sistemi kazandırıyordu. Başka bir deyişle, kozmojji sabiti evrende yıldızların birbirlerini çekimine karşı çalışan başka bir gücün olduğunu söylüyordu. Bu bir çeşit anti-yerçekimiydi ve gücü sabite verilecek bir değerle belirlenebiliyordu (teorik olarak herhangi bir değer alabilirdi). Einstein kozmojji sabitinin değerini dikkatlice seçerek biriken çekim kuvvetini nötrleyebileceğini ve evreni yok olmaktan kurtarabileceğini fark etti.

Bu anti-yerçekimi kuvveti uzak mesafelerde çok önem kazanırken yakın mesafelerde önemsizdi. Bu yüzden göreceli olarak daha ufak boyutta olan Dünya ve Güneş Sistemi'ndeki çekimi başarıyla tahmin edebilen genel izafiyet teorisini baltalamıyordu. Kısaca, Einstein'ın gözden geçirdiği genel izafiyet teorisi formülü yerçekimini açıklamakta üç farklı başarı elde ediyordu:

1. Statik ve sonsuz bir evren olduğunu açıklıyordu,
2. Newton'ın yerçekimi kanununun düşük çekim bölgelerindeki (Dünya gibi) başarısını tekrarlıyordu,

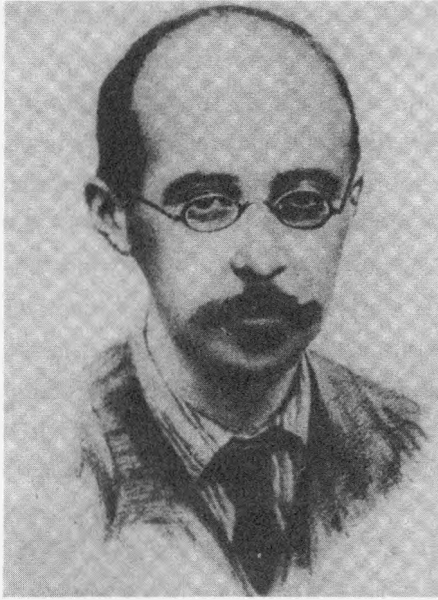
3. Yüksek çekim bölgelerinde Newton başarısız olurken bu teori hâlâ başarılıydı,

Birçok kozmolog Einstein'ın kozmoloji sabitinden memnundu, çünkü Einstein'ın genel izafiyet teorisini statik ve sonsuz bir evrenle birleştiriyordu. Ancak kimse kozmoloji sabitinin tam olarak neyi temsil ettiğini bilmiyordu. Bir anlamda Batlamyus'un dış çemberleri ve taşıyıcılarıyla eşdeğer sayılabilirdi, çünkü doğru sonucu elde etmek için Einstein'ın yaptığı sonradan bir eklemeydi. Einstein bile kozmoloji sabitinin "sadece evrendeki maddelerin statik bir dağılımı olduğunu göstermek için yapılmış bir ekleme" olduğunu söylüyordu. Başka bir deyişle, sabit ve sonsuz bir evren elde etmek için Einstein'ın kullandığı bir hileydi.

Einstein da kozmoloji sabitinin gözüne çirkin geldiğini itiraf ediyordu. Genel izafiyet teorisindeki rolünden bahsederken teorinin genel güzelliğini sabote ettiğini söylüyordu. Fizikçiler teorilerinin güzelliğini çok önemsedikleri için bu önemli bir problemdi. Fizik yasalarının sade, güzel ve uyumlu olması gerektiğine dair genel bir kanı vardır, ve bu kanı fizikçilere hangi fizik kanunlarının doğru hangilerinin de yanlış olduklarını gösterebilir. Her hangi bir anlamda güzellik çok kolay tanımlanan bir şey değildir ama onu gördüğümüz zaman anlayabiliriz; ve Einstein kozmoloji sabitine baktığı zaman bu güzelliği göremiyordu. Yine de formülünün eskisi kadar güzel olması, bilim otoritelerinin istediği sonsuz ve statik bir evren modeline nazaran önemsizdi.

Bu sırada başka bir bilim adamı güzelliğin otoritelerin istediklerinden daha önemli olduğunu düşünüp karşıt görüşü savunacaktır. Einstein'ın kozmoloji makalesini büyük bir iştahla okuduktan sonra Alexander Friedmann kozmoloji sabitinin sebebini sorgulayacak ve bilim otoritelerine karşı gelecektir.

1888'de St. Petersburg'da doğan Friedmann, siyasi olarak karışık bir ülkede büyüdü ve daha küçükken otorite-



Şekil 29: Alexander Friedmann. Genişleyen ve değişen bir evrende yaşadığımızı belirten bir kozmolojik model bulan Rus matematikçi.

teyi sorgulamayı öğrendi. Baskıcı Çar yönetimini protesto etmek için ilk gençlik yıllarında ulusal protestoların bir parçası olarak okul grevleri düzenlerdi. Protestoların sonucunda gerçekleşen 1905 Devrimiyle Çar II. Nikolas tahtını korusa da anayasa değişti ve daha sakin bir döneme girildi.

Friedmann St. Petersburg Üniversitesi'ne 1906'da matematik bölümünde okumak için girdiği zaman Çar'a karşı olan Profesör Vladimir Steklov'un asistanı oldu. Steklov, Friedmann'a diğer öğrencileri zorlayan problemleri çözmesi için cesaret verdi. Steklov, Friedmann'ın gelişimini yakından izliyor ve ona Laplace denklemi ile ilgili zor bir problem verdiği zaman olanları şöyle anlatıyordu: "Doktora tezimde bu probleme değinmiştim ama detaylı olarak incelemedim. Friedmann'dan bu problemi incelemesini istedim çünkü yaşıtlarına oranla çok daha bilgiliy-

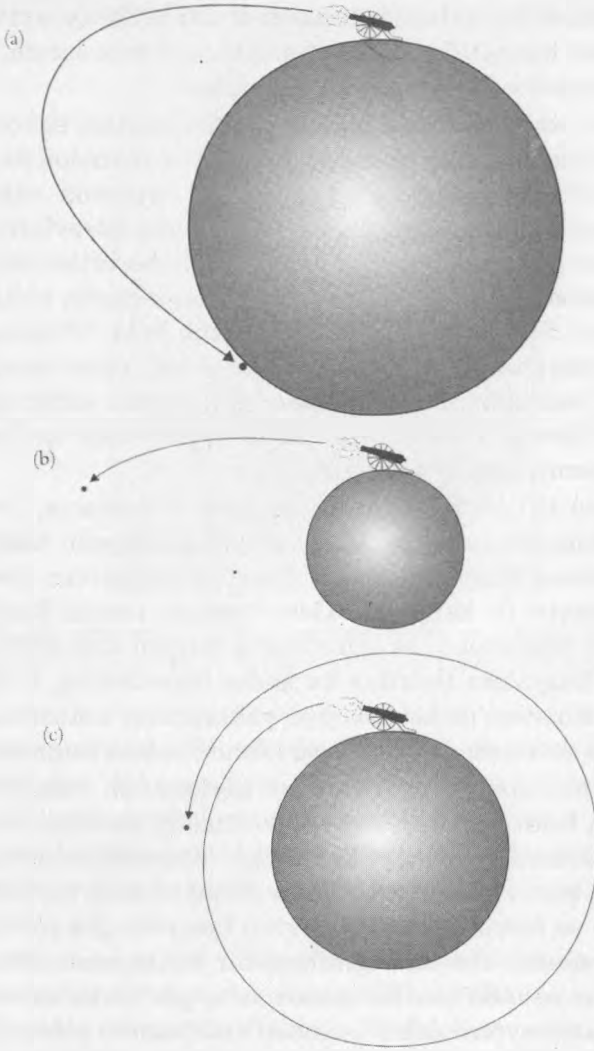
di ve yüksek bir çalışma kapasitesi vardı. Ocak ayında Friedmann bana 130 sayfalık geniş bir çalışma sundu, ve soruyu tatmin edici bir şekilde çözmüştü.”

Bazen son derece soyut olabilen matematiğe ilgisinin yanında Friedmann aynı zamanda bilim ve teknoloji ile de çok ilgiliydi; ve Birinci Dünya Savaşı sırasında askeri araştırmalara katılmıştı. Hatta bombalama görevlerinde uçmak için gönüllü olmuştu ve matematik becerileri sayesinde bombaları, hedeflerine daha doğru biçimde atmayı başarmıştı. Steklov’a yazdığı bir mektubunda, “Przemsyl üzerine yaptığım bir uçuşta fikirlerimi test etme şansını buldum; bombalar neredeyse teorinin tahmin ettiği gibi düştüler. Teorinin kesin bir ispatını yapabilmek için birkaç gün sonra tekrar uçacağım.”

Birinci Dünya Savaşının yanı sıra Friedmann, 1917 Devrimi’nde ve sonrasındaki iç savaşta da savaştı. Akademik hayatına döndüğü zaman Einstein’ın geciken genel izafiyet teorisi ile karşılaştı. Genel izafiyet teorisi Batı’da daha önce açıklanmış ve olgunlaşma şansını elde etmişti. Belki de Rusya’nın Batı’dan bu kadar izole olması, Friedmann’ın Einstein’ın kozmolojiye yaklaşımını umursamadan kendi evren modelini geliştirmesine imkân tanımıştır.

Einstein, sonsuz bir evren varsayımından yola çıkıp teorisinin bekleneni vermesi için kozmoloji sabitini eklerken Friedmann, bu görüşe karşı çıktı. Kozmoloji sabiti olmaksızın, genel izafiyet teorisinin en saf ve sade halinden yola çıktı ve teorinin nasıl bir evren tasavvuruna yol açacağını araştırdı. Bu matematiksel bir yaklaşımdı, çünkü Friedmann aslında tam bir matematikçiydi. Daha saf olan yaklaşımının evreni daha derinden anlamasına sebep olacağını umuyordu ama Friedmann için gerçeklerden ve kendisinden beklenenlerden çok teorinin ve denklemin güzelliği önemliydi.

1922’de *Zeitschrift für Physik* dergisinde bir makale yayınladığı zaman Friedmann’ın araştırmaları bir sonuca varmıştı. Einstein dengeli bir kozmoloji sabiti ve dengeli bir evren olduğunu savunurken Friedmann, kozmoloji sa-



Şekil 30: Üç farklı boyuttaki gezegenden, bir topla top gülleleri fırlatılır. Gezegen (a), o kadar büyüktür ve çekim alanı o kadar güçlüdür ki top gülleleri tekrar yere düşer. Gezegen (b) çok küçüktür ve çekim alanı da güçsüzdür, bu yüzden top gülleleri uzayın derinliklerine gider. Gezegen (c), top güllesinin yörüngeye girmesi için ideal küyledir.

bitine farklı değerler vererek nasıl farklı evrenlerin yaratılabileceğini anlatıyordu. En önemlisi olarak kozmoloji sabitinin sıfır olduğu bir evren modelini öne sürüyordu. Bu tip bir model, Einstein'ın kozmoloji sabiti var olmadan önceki orijinal yerçekimi formülü üzerine inşa edilmişti. Yerçekimi etkisini nötrleyecek bir kozmoloji sabiti olmayınca Friedmann'ın evren modeli, yıldızlar ve gezegenler arasındaki çekime maruz kalıyordu. Bu şekilde de dinamik ve değişen bir evren modeli ortaya çıkıyordu.

Einstein ve meslektaşlarına göre bu türden dinamik bir evren modeli bir facianın sonucunda yok olmaya mahkûmdu. Bu yüzden bilim adamlarının çoğuna göre, böyle bir evren düşünülemezdi. Ancak Friedmann için bu türden bir dinamizm, büyük bir genişlemeyle ortaya çıkan ve böylelikle gök cisimlerinin birbirlerini çekmesine karşı koyabilen bir evren modelini oluşturuyordu. Bu son derece radikal bir evren anlayışıydı.

Friedmann, evrenin ne kadar hızlı genişlediği ve ne kadar çok maddeye sahip olduğuna göre değişen üç farklı yerçekimiyle baş etme yolu olduğunu açıkladı. İlk olasılığa göre evrenin yüksek bir yoğunluğu vardı; belirli bir alanda, çok sayıda yıldızdan oluşuyordu. Birçok yıldızın olması büyük bir çekim gücü anlamına gelir; bu da zamanla yıldızların etrafa saçılmayı bırakıp birbirlerini çekmesi ve zamanla evrenin yok olması demektir. İkinci olasılık yıldız yoğunluğunun evrende düşük olduğunu varsayıyordu, böylece yıldızlar birbirlerini yeterince güçlü bir şekilde çekemez ve evrende dağılmaya sonsuza dek devam edebilirler. Üçüncü olasılık ise iki aşırı ucun ortasında bir yoğunluk olduğunu, böylece yıldızların birbirlerini çekerek evrendeki dağılımlarını yavaşlattığını ama tamamen birbirlerini çekerek yok olmalarını da önlediğini varsayıyordu. Böylece evren ne sonsuza dek yayılır ne de kendi içine göçüp yok olurdu.

Konuyu daha iyi kavrayabilmemiz için bir güllenin sabit bir hızla bir toptan fırlatıldığını düşünün. Şimdi bunun Şekil 30'da gösterildiği gibi üç farklı boyuttaki geze-

gende yapıldığını hayal edin. Eğer gezegen çok büyükse gülle, birkaç yüz metre gittikten sonra yüksek çekim gücü yüzünden yere düşecektir. Bu senaryo, Friedmann'ın önce etrafa yayılan sonra da kendi içine çöküp yok olan ilk evren olasılığına yakındır. Eğer gezegen çok küçükse yerçekimi de düşüktür ve top güllesi, uzayın derinliklerine kadar gider. Bu da Friedmann'ın sonsuza dek yayılan evren senaryosuna benzer. Ancak gezegen doğru büyüklükteyse ve yeterli çekim gücü varsa top güllesi, bir süre yukarı doğru hareket ettikten sonra yavaşlar ve yörüngeye girer. Gezegenden ne uzaklaşır ne de yakınlaşır; bu da Friedmann'ın üçüncü senaryosuna benzer.

Friedmann'ın üç evren tasavvurunda da ortak olan bir nokta vardır: değişmekte olan bir evren. Dün farklı olan ve yarın da farklı olacak olan bir evrene inanıyordu. Bu Friedmann'ın astronomi ve kozmoloji bilimlerine yaptığı devrimsel katkıdır. Sonsuza dek aynı kalmaktansa da-ima değişen bir evren modeli.

Varsayımlarımız çoğaldığı için belki de onları şöyle bir gözden geçirmeliyiz. Einstein, birinde kozmoloji sabiti olan diğerinde de olmayan iki genel izafiyet teorisi sunmuştu. Ardından, kozmoloji sabiti olan teorisine dayanarak statik bir evren modeli yarattı. Buna karşın Friedmann, kozmoloji sabitini kullanmadan üç farklı evren modeli düşündü. Elbette bir çok ihtimal olabilir, ama sadece bir tanesi gerçektir. Önemli soru şu: Hangi model gerçeğe en yakını?

Einstein'a göre cevap çok basitti: Friedmann yanılıyordu ve kendisi haklıydı. Hatta ve hatta Friedmann'ın çalışmalarının matematiksel olarak hatalı olduğunu düşünüp makaleyi yayınlayan dergiye bir şikayet mektubu göndermişti. Mektubunda, "Friedmann'ın eserinde belirtilen, sabit olmayan evren modeli bende kuşku uyandırıyor. Gerçekte burada verilen çözüm, kendi içinde genel izafiyet denklemleriyle uyumlu değil." Aslında Friedmann'ın hesaplamaları doğruydı ve denklemlerle de uyumluydu; bu yüzden de gerçeğe uygunluğu tartışılır olsa da modeller

matematiksel açıdan doğruydu. Belki de Einstein, makaleyi sadece üstün körü bir şekilde okumuş ve sabit bir evren anlayışına karşı çıktığı için hatalı olması gerektiğini düşünmüştü.

Friedmann, Einstein'ın sözlerini geri almasını isteyince, Einstein mütevazı bir şekilde özür dilemek zorunda kaldı: "Bay Friedmann'ın çözümlerinin doğru ve açıklayıcı olduklarına ikna oldum. Genel izafiyet denklemlerinin, sabit evren çözümlerinin yanı sıra zamanla değişen modellerinin de var olduğunu göstermiştir." Her ne kadar Einstein, Friedmann'ın dinamik çözümlerinin matematiksel olarak doğru olduklarını kabul etse de bilimsel olarak değersiz olduklarını düşünüyordu. Özellikle yazdığı mektubun ilk denemesinde Friedmann'ın çözümlerini "gerçek dünyayla hiçbir ilgisi yoktur," diyerek küçümsemiş; fakat sonradan bunun bir özür mektubu olduğunu hatırlayıp bu satırları silmişti.

Einstein'ın karşı çıkmasına rağmen Friedmann, kendi fikirlerini yaymaya devam etti. Ancak bilimsel kamuoyunun fikirlerini değiştiremeden kader araya girdi. 1925'te Friedmann'ın eşi ilk çocuklarına hamileydi, ve bu yüzden Friedmann hayat doluydu. Evden uzakta çalışırken eşine bir mektup yazdı: "Şimdi Rasathane'de kimse yok ve ben benden önce yaşamış bilim adamlarının portreleri ve heykelleriyle yalnız kaldım. Günün yorgunluğundan sonra ruhum gittikçe sakinleşiyor, ve benden çok uzaklarda sevdiğim kalbin attığını, ruhunun yaşadığını ve yeni bir hayatın büyüdüğünü bilmek bana güç veriyor. Geçmiş olmayan ve geleceği de gizem dolu bir hayat." Ancak Friedmann çocuğunun doğduğunu görece kadar yaşayamayacaktı. Muhtemelen tifo hastalığına yakalanıp sayıklayarak öldü. Leningrad gazetelerinden biri, ölüm döşeginde bile hesaplamalar yaptığını, hayali dinleyicilerine ve öğrencilerine bir ders vererek ve sayıklayarak can verdiğini yazıyordu.

Friedmann yeni bir evren tasavvuru geliştirmişti ama hiç tanınmadan öldü. Makaleleri yayınlanmıştı ama o he-

nüz hayattayken bu makaleler neredeyse hiç okunmamıştı. Bunun en büyük sebebi Friedmann'ın düşüncelerinin çok radikal olmasıydı; görünüşe göre Kopernik'le çok ortak noktası vardı.

İşin daha da içinden çıkılmaz yanı Friedmann'a yaşayan en büyük kozmolog olan Einstein tarafından karşı çıkılmasıydı. Ve her ne kadar Einstein bir özür mektubu yazmış olsa da bu mektubun neredeyse hiç bilinmemesi, Friedmann'ın ününe leke sürüyordu. Üstüne üstlük Friedmann'ın bir astronom değil de matematikçi olması, kozmoloji camiası tarafından dışlanmasına yol açıyordu. Son olarak da Friedmann zamanının ötesinde bir bilim adamıydı. Astronomlar, genişleyen ve değişen bir evren modelini destekleyecek gözlemler yapabilecek konumda değillerdi. Friedmann açıkça kendi evren modelini destekleyecek kanıt olmadığını itiraf ediyordu: "Tüm bunlar şu anda, deneysel astronomi verilerinin eksiklikleri yüzünden garip karşılanabilir."

Bereket, genişleyen ve değişen evren modeli tamamen kaybolmadı. Friedmann'ın vefatından birkaç sene sonra düşüncesi tekrar konuşulmaya başlandı ama bu sefer de Friedmann'dan hiç bahsedilmedi. Bunun sebebi, genişleyen ve değişen evren modelinin yine eğitimi Birinci Dünya Savaşıyla darbe almış Belçikalı rahip ve kozmolog Georges Lemaitre tarafından tekrar baştan geliştirilmesiydi.

1894'te Charleroi'de doğan Lemaitre, Louvain Üniversitesinde mühendislik okumuştı ama Alman orduları Belçika'yı istila edince üniversiteyi bırakmak zorunda kaldı. Sonraki dört seneyi savaşarak geçirdi ve Almanların ilk zehirli gaz saldırılarına tanıklık etti. Ayrıca cesaretiyle Croix de Guerre savaşının kazanılmasını sağladı. Savaş bitince Louvain Üniversitesinde çalışmalarına devam etti ancak bu sefer mühendislik üzerine değil teorik fizik üzerine yoğunluk verdi. Ayrıca 1920'de, Maline'de bir Kilise'ye yazıldı. 1923'te rahiplik statüsüne yükseldi, ve kalan hayatı boyunca hem bir rahip hem de bir fizikçi olarak ka-

riyerini yükseltti. “Hakikati keşfetmenin iki yolu vardı,” diyordu “ben her iki yolu da izlemeyi seçtim.”

Rahip olduktan sonra Lemaitre, bir yıl boyunca Cambridge’de Eddington’dan ders aldı. Eddington onu, “son derece zeki bir öğrenci, muhteşem derecede hızlı, açık görüşlü ve matematik becerisi çok yüksek”, diyerek övüyordu. Bir sonraki yıl Amerika’ya gitti ve Harvard Rasathanesinde ölçümler yapmaya başladı, aynı zamanda Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde doktorasına başladı. Lemaitre kendisini kozmoloji çevrelerine tanıtıyor, aynı zamanda teorik ağırlıklı olan düşünce yapısını gözlemler yaparak geliştirmeye uğraşıyordu.

1925’te Louvain Üniversitesine geri döndü ve akademik kariyerine başladı. Aynı zamanda Einstein’ın genel izafiyet denklemlerinden yola çıkarak kendi kozmolojik modellerini geliştirmeye koyuldu, ama genellikle kozmolojik sabiti es geçiyordu. Sonraki iki yıl süresince evrenin değiştiğini ve genişlediğini gösteren evren modellerini



Şekil 31: Georges Lemaitre, Friedmann’ın genişleyen ve değişen evren modelini bilmeden tekrar canlandıran Belçikalı rahip ve kozmolog. Evrenin patlayan bir ilk atomdan ortaya çıktığı teorisi Big Bang modelinin ilk haliydi.

tekrar keşfetti. Friedmann'ın aynı yollardan geçerek ilerlediğinden bihaberdi.

Ancak Lemaitre, genişleyen bir evren modelinin ne anlama geleceğini durmadan sorgulayarak Friedmann'ın önüne geçti. Friedmann bir matematikçiymiş, Lemaitre bir kozmologtu ve denklemlerin arkasındaki hakikati bulmaya çabalıyordu. Özellikle evrenin fiziksel tarihini merak ediyordu. Eğer evren gerçekten genişliyorsa, o zaman dün bugün olduğundan daha küçük bir evren vardı, bu doğrultuda geçen sene evren daha da küçüktü. Mantıksal olarak en geriye gittiğimizde tüm kainatın çok ufak bir alanda toplandığı bir döneme gelmek zorundayız. Kısaca, Lemaitre saatleri geri sararak evrenin başlangıcına dönmeyi hedefliyordu.

Lemaitre'nin en önemli sezgisi genel izafiyet teorisinin bir yaratılış anını ima etmesiydi. Her ne kadar bilimsel arayışlarıyla dinsel arayışlarını birbirinden ayırabiliyor olsa da böyle bir keşif genç rahibe güç vermiş olmalıydı. Sonuç olarak evrenin dışarıya doğru patladığı çok küçük ve yoğun bir bölge olarak başladığını ve zamanla gelişerek günümüzdeki evrene dönüştüğünü belirtti. Gelecekte de evrenin değişmeye ve genişlemeye devam edeceğini söylüyordu.

Bu evren modelini geliştirdikten sonra Lemaitre, kozmik yaratılış ve evrim teorisini kanıtlayacak veya destekleyecek fizik kanıtlarını aramaya başladı. Astronomlar arasında gittikçe daha çok ilgi görmeye başlayan bir konuyu, kozmik ışın fiziğini araştırmaya başladı. 1912'de Avusturyalı bilim adamı Viktor Hess, bir balonda neredeyse 6 km yüksekliğe çıkmış ve uzaydan gelen yüksek enerjili partiküllerin varlığını gözlemlemişti. Lemaitre de uranyum gibi büyük atomların partiküller, radyasyon ve enerji yayarak daha küçük atomlara dönüştüğü *radyoaktivite* sürecinden haberdardı. Lemaitre, benzer ama çok daha büyük bir sürecin evrenin oluşmasına sebep olabileceğini tahmin etti. Zamanda geri gittiğini varsayarak Lemaitre, bütün yıldızların aşırı derecede yoğunlukta bir evrende

var olduklarını düşündü ve buna da *en eski atom* dedi. Yaratılış anının da bu ilk ve en eski atomun radyoaktivitede olduğu gibi parçalanarak evrendeki tüm maddeyi yarattığını öne sürdü.

Lemaitre bugün karşılaşılan kozmik ışınların bu ilk radyoaktif çürümenin bir kalıntısı olabileceğini; en eski atomdan kopan parçaların da bir araya gelerek günümüzdeki yıldızları ortaya çıkarmış olabileceğini iddia etti. Sonrasında teorisini şöyle özetliyordu: “En eski atom hipotezi, yaşadığımız evrenin bir atomun radyoaktif parçalanmasıyla oluştuğunu öne süren bir teoridir.” Dahası bu radyoaktif ışımların anasının yaydığı enerji bu evren modelinin genişlemesi için gereken gücü sağlamış olabilir.

Kısaca Lemaitre, bugün Big Bang dediğimiz evren modelinin güvenilir ve detaylı bir açıklamasını yapan ilk bilim adamıydı. Hatta ve hatta bu evren modelinin sıradan bir model olmadığını, evrenin gerçekten de bu şekilde olduğunu iddia ediyordu. Einstein’ın genel izafiyet teorisi ile başlamış, kainatın yaratılışının ve genişlemesinin teorik bir modelini geliştirmiş, ve bunların hepsini kozmik ışımlar ve radyoaktivite gibi gözlemlenen olaylarla birleştirmişti.

Lemaitre’nin modelinin kalbinde bir yaratılış anı vardı, ancak şekilsiz bir patlamayı bugün gördüğümüz yıldızlara ve gök cisimlerine dönüştüren süreci de çok merak ediyordu. Yaratılış, evrim ve evrenin tarihi üzerine bir teori geliştiriyordu. Her ne kadar araştırması rasyonel ve mantıklı olsa da onu şiirsel ifadelerle anlatıyordu, “Evrenin geçirdiği değişim, henüz bitmiş olan bir havai fişek gösterisine benzetilebilir: birkaç kıvılcım, küller ve duman. Soğumuş ve küllenmiş bir közün üzerinde, sönen güneşleri izliyor ve alemlerin başlangıcının kaybolmuş parlaklığını hatırlamaya çalışıyoruz.”

Teorisini gözlemlerle birleştirerek ve Big Bang teorisini gözlemsel astronomi ve fizik çerçevesinde işleyerek Lemaitre, Friedmann’ın önceki çalışmalarının çok ötesine gi-

debilmişti. Yine de Belçikalı rahip, 1927’de teorisini yayınladığı zaman, Friedmann’ın karşılaştığı derin sessizlikle karşılaşmıştı. Lemaitre’nin makalesinin az bilinen *Annales de la Societe Scientifique de Bruxelles*³ adındaki Belçikalı bir dergide yayınlaması da teorisinin ses getirmemesinin sebeplerindendi.

Lemaitre, *en eski atom hipotezi* makalesini yayınladıktan bir süre sonra Einstein’la karşılaştı ve durumu daha da kötüleşti. Lemaitre, 1927’de dünyanın en önemli fizikçilerinin katıldığı Brüksel’deki Solvay Konferansına katılmıştı ve burada, beyaz rahiplik yakası sayesinde hemen fark edilmişti. Einstein’ı yakalamayı ve ona yaratılmış ve genişleyen evren modelini anlatmayı başardı. Einstein bu fikri daha önce Friedmann’dan duyduğunu söyleyerek Belçikalı rahibin ilk kez Friedmann’ın ismini duymasını sağladı. Ardından Einstein, Lemaitre’yi tersledi; “Hesaplamalarınız doğru, ama fiziğiniz içler acısı.”

Einstein’a iki kere genişleyen ve değişen Big Bang senaryosunu düşünme şansı verilmişti ama her ikisinde de bu şans geri çevirmişti. Einstein tarafından geri çevirmek de bilim dünyasının geri çevirmesi anlamına geliyordu. Somut kanıtların yokluğunda Einstein’ın övgüsü veya yergisi bir teorisin kabul edilip edilemeyeceğini belirliyordu. Bir zamanlar isyancıların başı olan Einstein, fark etmeden diktatör olmuştu. Zamanla durumundaki ironiyi gördü ve üzgünlükle, “Otoriteye olan nefretimi cezalandırmak için, kader beni de bir otorite yaptı.”

Lemaitre Solvay’da olanlar yüzünden yıkılmıştı, ve fikirlerini daha fazla yaymamaya karar verdi. Hâlâ genişleyen evren modeline inanıyordu, ama bilimsel kamuoyunda bir etkisi yoktu ve kendisi hariç herkesin aptalca olduğunu düşündüğü bir Big Bang modelini savunmanın boşuna olacağı sonucuna vardı. Bu arada bütün dünya Einstein’ın statik evren modeline odaklanmıştı. Her ne kadar titizlikle geliştirilmiş kozmoloji sabiti kimi yüzleri eksitse

3. Brüksel Bilim Topluluğu Yıllığı

de, yine de kendi çapında doğru bir modeldi. Statik bir evren anlayışı sonsuz evren inancıyla uyumlu olduğu için te-
orinin bilimsel güzelliğini bozan herhangi bir leke göz ar-
dı edilebilirdi.

Her iki modele tekrar dönüp bir baktığımız zaman her ikisinin de benzer zayıflıkları ve gleri olduğunu ve bir-
birlerine benzediklerini görüyoruz. Sonuçta her iki model de matematiksel ve bilimsel olarak doğruyd, her ikisi de genel izafiyet teorisiyle ortaya çıkmıştı ve bilinen hiçbir fi-
zik kanununa karşı gelmiyorlardı. Fakat her iki teoriyi de destekleyebilecek gözlemsel veya deneysel bir veri yoktu. Bu verinin olmayışı bilim otoritelerinin önyargılarına ye-
nilip Einstein'ın modelini savunmasına yol açmıştı.

Aslına bakarsanız, kozmologlar hâlâ efsaneyle bilim arasındaki o rahatsız edici tarafsız blgedeydiler. Eğer ge-
lişme kaydedilecekse somut kanıtların bulunması gereki-
yordu. Teorisyenler gözlemci astronomlara döndüler ve her iki modelden birini ispatlayacak bir kanıt bulmalarını umdular. Astronomlar da bu şekilde XX. yüzyılın kalan zamanını daha büyük, daha iyi ve daha güçlü teleskoplar yaparak uzayın daha derinliklerini gözlemleyerek geçirdi-
ler. En sonunda da evren anlayışımızı değiştirecek göz-
lemleri yaptılar.

3. BÜYÜK TARTIŞMA

Bilinen şeylerin bir sonu vardır, bilinmeyenler ise sınırsız; entelektüel anlamda, uçsuz bucaksız bir anlaşılmazlık okyanusunun ortasında, ufak bir adada yaşıyoruz. İşimiz her nesilde biraz daha fazla toprak kazanabilmek.

T. H. Huxley

İnsan evren hakkında ne kadar az şey bilirse o kadar kolay açıklayabilir.

Leon Brunschvig

Yetersiz veri kullanıldığı için oluşan hatalar, hiç veri kullanılmadan yapılan hatalardan daha azdır.

Charles Babbage

Teoriler çürüyebilir, ama iyi gözlemler asla yok olmaz.

Harlow Shapley

İlk önce verileri toplamalısın, sonra onları cennetin istediği gibi değiştirebilirsin.

Mark Twain

Cennet, göklerde dönerek sana sonsuz ihtişamını göstermekte, ama senin gözlerin hâlâ yerlerde.

Dante

Bilim iki eşgüdümlü yol sayesinde ilerler; teori ve deney. Teorisyenler doğanın nasıl işlediğini düşünüp gerçeğin modellerini çıkarmaya uğraşırlarken deneyciler, bu modelleri gerçeklerle kıyaslayıp doğruluklarını araştırırlar. Kozmoloji’de Einstein, Friedmann ve Lemaitre gibi teorisyenler evrenin farklı modellerini oluşturdular; ancak bu modellerin geçerliliğini denemek çok sorunlu bir işlemdi; tüm evreni kapsayan bir deney nasıl yapılabilirdi ki?

İş deney yapmaya gelince kozmoloji ve astronomi, bilimin diğer dallarından ayrılır. Biyologlar araştırdıkları organizmalara dokunabilirler, elleyebilirler, hatta koklayabilirler bile; kimyagerler araştırdıkları kimyasallar hakkında daha fazla şey öğrenmek için onları ısıtabilir, yakabilir ve başka kimyasallarla birleştirebilirler; ve fizikçiler de bir sarkacın ucuna daha fazla ağırlık koyarak veya ipini kısaltarak özelliklerini araştırabilir. Fakat astronomlar sadece izleyebilirler, çünkü uzaydaki gezegen ve yıldızların çoğu o kadar uzaktadırlar ki sadece Dünya’ya gelen ışıkları incelenebilir. Birçok farklı deney yapabilmenin yerine astronomlar sadece pasif bir şekilde gözlemleyebilirler. Başka bir deyişle, bakabilirler ama elleyemezler.

Bu büyük kısıtlamaya rağmen astronomlar, evren ve içindekiler hakkında inanılmaz keşifler yapabilmişlerdir. Örneğin 1967 yılında İngiliz astronom Jocelyn Bell, *pulsar* adında yeni bir yıldız türü bulmuştur. Kayıt çizelgesinde düzenli aralıklarla gelen ışık sinyalinin ilk gördüğü zaman “KYA” (Küçük Yeşil Adamlar) olarak işaretledi, çünkü bu

verilerin akıllı yaşam formlarından geldiğini sanıyordu. Bugün Prof. Bell Burnell (şimdiki adıyla) pulsarlar hakkında bir konferans verdiği zaman, ilk önce dinleyicilerine bir kağıt uzatır. Kağıdın üzerinde “Bu sayfayı alırken, bugüne kadar dünyanın tüm teleskoplarının bilinen pulsarlardan aldığı enerjiden bin katı fazla enerji harcadınız.” yazar. Başka bir deyişle, bu pulsarlar diğer yıldızlar gibi enerji yaymaktadır, ama o kadar çok uzaktalar ki yıllardır onları inceleyen astronomlar, onların gönderdikleri enerjinin çok az bir kısmını toplayabilmişlerdir. Yine de, çok uzaktan ve az enerji göndermelerine karşın, astronomlar onlar hakkında birçok gerçeği öğrenebildiler. Örneğin, pulsarların ölmekte olan yıldız olduğunu, nötron dediğimiz atomdan küçük parçalardan oluştuklarını, genellikle 10 km yarıçapında olduklarını ve bir çay kaşığı kadar pulsar maddesinin bir milyar ton ağırlıkta olacak kadar yoğun olduğunu öğrenebildiler.

Gözlemle elde edebilecek tüm veriler toplandıktan sonra astronomlar teorisyenlerin geliştirdikleri modelleri test etmeye başladılar. Geliştirilmiş modellerin arasındaki en büyüğü olan Big Bang ve sonsuz evren modellerini test etmek için astronomlar gözlem teknolojilerini sınırlarına kadar zorlamak mecburiyetindeydi. Kocaman aynalar içeren devasa teleskoplarla dolu, dağların tepesinde inşa edilmiş büyük rasathaneler inşa etmek zorundaydılar. Yirminci yüzyılın büyük teleskoplarının yaptığı keşifleri incelemeden önce, 1900 yılına kadar teleskobun tarihini ve ilkel gözlem aletlerinin değişen evren tasavvurlarına olan katkısını inceleyelim.

Boşluğa Bakmak

Galileo’dan sonra teleskobun dizaynı ve kullanımındaki en büyük öncü, 1738’de Hanover’de doğan Friedrich Wilhelm Herschel’dir. Çalışma hayatına ilk önce müzisyen olarak başlayan Herschel babasını izleyerek Hanoverian

Muhafızları bandosuna katıldı. Ancak Yedi Yıl savaşlarının doruğunda gerçekleşen Hastenbeck muharebesinden sonra kariyerini değiştirmeye karar verdi. Muharebe esnasında ağır ateş altında kalınca işini ve ülkesini geride bırakıp yurtdışında bir müzisyen olarak daha sakin bir hayat yaşamaya karar verdi. İngiltere'ye taşınmaya karar verdi, çünkü 1714'te Hanover'li George Louis I. George olarak İngiltere tahtına çıkmıştı ve Hanover hanedanını başlatmıştı. İsmi William Herschel olarak İngilizceleştirdi, Bath'da bir ev satın aldı ve geçimini obua çalarak, müzik öğretmenliği ve şeflik yaparak kazanmaya başladı. Fakat yıllar geçtikçe Herschel'in astronomiye olan ilgisi bir tutkuya dönüştü. Kısa süre içinde zamanının tamamını yıldızları gözlemeye ayırdı ve XVIII. yüzyılın en büyük astronomu olarak ünlendi.

Herschel en ünlü keşfini 1781'de bahçesinde kendi yapmış olduğu bir teleskopla yıldızları gözlerken yaptı. Gökyüzünde birkaç gece içinde yer değiştiren yeni bir cisim buldu. İlk önce daha önce keşfedilmemiş bir kuyruklu yıldız olduğunu düşünse de, yeni keşfinin kuyruğu olmadığını görünce bir gezegen olduğunu anladı. Binlerce yıldır astronomlar Güneş sisteminde sadece çıplak gözle görülebilen beş gezegenden haberdardılar (Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn), ancak Herschel yepyeni bir Dünya keşfetmişti. Kralı III. George'un adına bu gezegeni Georgium Sidus (George'un yıldızı) olarak adlandırdı. Fakat Fransız astronomlar yeni gezegene keşfinin adı olan Herschel demeyi yeğlediler. En sonunda gezegene Roma mitolojisinde Satürn'ün babası ve Jüpiter'in büyükbabası olan Uranüs ismi konuldu.

Avrupa kraliyet astronomlarının başaramadığını William Herschel arka bahçesinde başarmıştı. Asistanı ve kız kardeşi Caroline bu başarısında ona çok yardım etmişti. Kariyeri boyunca sekiz kuyruklu yıldız keşfederek üstün bir astronom olduğunu kanıtlasa da kendisini ağabeyi William'a yardım etmeye adanmıştı. Yeni teleskoplar yaptığı zorlu günler ve bu teleskopları kullandığı soğuk geceler



Şekil 32: XVIII. yüzyılın en ünlü astronomu William Herschel, yıldızlara bakarak geçireceği bir gece için sıkıca giyinmiş.

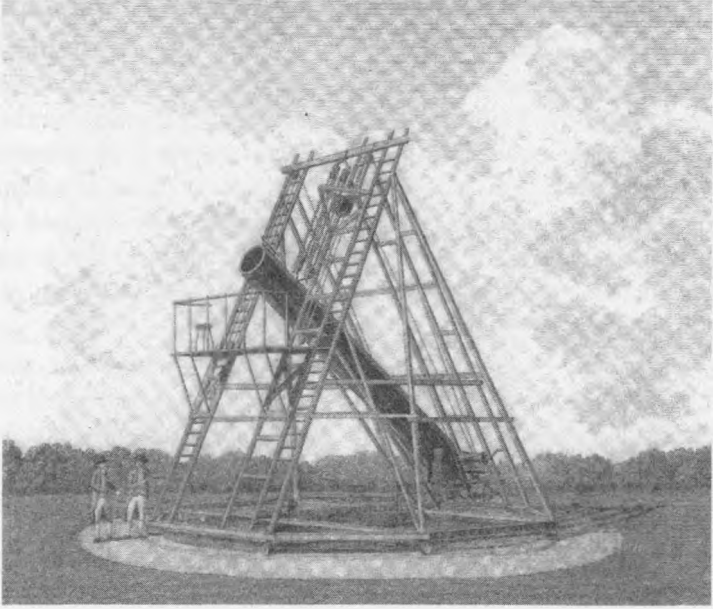
boyunca William'ın yanında ona yardım ediyordu. Kendisinin yazdığı gibi: “Boş olduğumuz her an, dinlenmeden hatta üstümüzü bile değiştirmeden yarıda bıraktığımız bir işi tamamlamaya uğraşıyorduk. Birçok dantelli elbisem yırtıldı veya mercek ocağında yandı... Durup dinlenmeden çalışırken yemeğini bile ona ben yediriyordum.”

Caroline Herschel'in bahsettiği mercek ocağını, aynalarını parlatmak için kullanıyorlardı. Herschel kendi teleskoplarını üretmekten gurur duyuyordu. Teleskop yapımını tek başına öğrenmişti ama kendi zamanında Avrupa'nın en iyi teleskoplarını üretmişti. Kraliyet astronomunun en iyi teleskobu gök cisimlerini 270 katına kadar büyütebilirken Herschel'in teleskoplarından biri, gök cisimlerini 2010 katına kadar büyütebiliyordu.

Teleskopların nesneleri büyütme becerilerinin yanında ışığı toplayabilme özellikleri de son derece önemlidir, ve bu da tamamen teleskop merceğinin çapına yani diyafram açıklığına bağlıdır. Sadece birkaç bin yıldız çıplak gözle görülebilecek kadar parlaktır ama geniş diyaframlı bir teleskop yepyeni dünyalar açar. Galileo'nun kullandığı gibi küçük bir teleskop çıplak gözle görülemeyecek çok az yıldızı görünür kılar. Daha geniş bir diyaframı olan teleskoplar çok daha fazla yıldız ışığını toplar, odaklar ve görünmesi olanaksız olan yıldızları gösterir.

1789'da Herschel 1.2 metre çapında bir merceği olan bir teleskop inşa etti, ve dünyadaki en büyük mercekli teleskobu yapmış oldu. Maalesef teleskop 12 metre uzunluğunda olduğu için kullanımı çok zordu ve doğru yöne çevirene kadar çok değerli gözlem dakikaları geçiyordu. Bir diğer sorun da mercek kendi ağırlığını taşıyabilsin diye bakırla güçlendirilmişti ve bu yüzden çabuk kararıyor ve ışığı yakalama kapasitesi azalıyordu. Herschel, 1815 yılında bu canavarı kullanmayı bıraktı ve 0.5 metre çapında diyaframlı ve 6 metre boyunda yeni bir teleskop kullanmaya başladı.

Herschel'in en önemli araştırma projelerinden biri mükemmel teleskoplarını kullanarak yüzlerce yıldızın Dünya'ya olan uzaklığını ölçmektir. Tüm yıldızların eşit derecede ışık yaydığı gibi kaba bir düşünceden ve ışığın parlaklığının, mesafenin karesine göre azaldığı gerçeğinden yola çıktı. Örneğin bir yıldız kendisiyle aynı parlaklıktaki bir yıldızdan 3 kat daha uzaktaysa $1/3^2$ yani $1/9$ kadar daha az parlak gözüktür. Gece gökyüzündeki en parlak yıldız olan Sirius'u referans noktası olarak aldı ve gökteki yıldızların Dünya'ya olan uzaklıklarını Sirius'un uzaklığı üzerinden hesapladı ve bu yeni ölçü birimine siriometre adını verdi. Böylece Sirius'tan $1/49$ yada $1/7^2$ daha az parlak olan bir yıldız aşağı yukarı Dünya'ya Sirius'tan yedi kat veya yedi siriometre daha uzak olmalıdır. Her ne kadar tüm yıldızların aynı parlaklıkta olmadığını bu yüzden de yönteminin tam olarak doğru olmadığını bilse de gökle-



Şekil 33: Uranüs'ü keşfettikten sonra Herschel, Bath'dan daha iyi bir iklimi olan Slough'a taşındı. Aynı zamanda hamisi Kral III. George'a daha yakındı. Kral kendisine yıllık 200 £'luk bir maaş bağlamıştı ve aynı zamanda 1.2 metre çapında ve 12 metre uzunluğundaki yeni teleskobunun yapım masraflarını karşılıyordu.

rin, kabaca doğru bir üç boyutlu haritasını çıkardığından emindi.

Yıldızların tüm yönlerde eşit şekilde dağılmış olacağını düşünmek mantıklı gelse de Herschel'in elde ettiği veriler, yıldızların disk şeklinde toplandığını gösteriyordu. Bu devasa diskin çapı 1000 siriometre ve kalınlığı da 100 siriometreydi. Sonsuz bir uzayı kaplamak yerine Herschel'in evreninin yıldızları disk şeklindeki bir hacim içinde toplanmışlardı.

Evrenin bu yeni modeli gökyüzünün en ünlü özelliklerinden biriyle de uyumluydu. Disk şeklinde bir evrende yaşadığınızı düşünürseniz etrafımızdaki yıldız yoğunluğunun çok olduğunu ama üstümüzde ve altımızda aynı yo-

ğunlukta yıldız olmadığını görürüz, çünkü disk geniştir ama incedir. Bu yüzden evrende bulunduğumuz yerden baktığımızda etrafımızda bir yıldız yoğunluğu görmemiz gerekir, ve gerçekten de şehirden uzak bir yerde gökyüzüne baktığımız zaman böyle bir yol görebiliriz. Göklerin bu özelliği antik çağ astronomları tarafından iyi biliniyordu. Latince de bu yola “Via Lactea” yani Sütü Yol¹ (Samanyolu) deniyordu, çünkü sanki sütlüymüş gibi bulanık bir görüntüsü vardır. Her ne kadar antik çağda yaşayan astronomlar fark etmese de yeni çağda geliştirilen teleskoplar Samanyolu’nun çıplak gözle fark edilemeyecek kadar uzakta olan yıldızların birleşmesiyle oluştuğunu keşfettiler. Bu yıldızlar etrafımızda disk şeklinde yer almaktadırlar. Evrenin disk şeklindeki modeli kabul edildikten sonra içinde bulunduğumuz disk şeklindeki yıldız topluluğuna Samanyolu denmeye başlandı.

Samanyolu’nun evrendeki tüm yıldızları bulundurduğu düşünüldüğü için evrenin Samanyolu’ndan ibaret olduğu düşünüldü. Her ne kadar Herschel, Samanyolu’nun genişliğinin 1000 siriometre, kalınlığının da 100 siriometre olduğunu hesapladıysa da 1 siriometrenin kaç kilometre olduğunu bulamadan 1822’de öldü. Bu yüzden de Samanyolu’nun tam boyutunu bilmiyordu. Siriometre’nin kilometreye çevrilmesi için öncelikle Sirius’a olan uzaklığın ölçülmesi gerekiyordu. Bu hedefteki en önemli adım, Dünya’nın bir yıldıza olan uzaklığını ilk kez ölçen Alman astronom Friedrich Wilhelm Bessel tarafından atıldı.

Yıldızların Dünya’ya olan uzaklığı nesiller boyu astronomları rahatsız ediyordu ve bu uzaklığı bulamamaları Kopernik’in teorisinde önemli bir eksiklikti. Birinci Bölümde yıldız paralaksı olarak adlandırılan, Dünya’nın Güneş etrafında dönerken yıldızların konumlarının değişiyor gibi görünmesini sağlayacak bir etkiden bahsetmiştik. Ancak yıldızların konumları değişiyor gibi görünmüyordu, ve

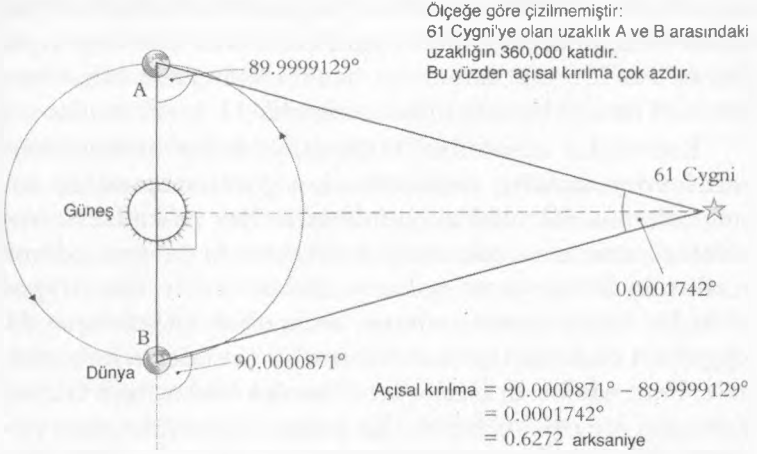
1. İngilizce’de Samanyolu galaksisine “Sütü Yol” anlamına gelen Milky Way denmektedir.

Dünya merkezli evrene inananlar bunu Dünya'nın sabit olduğunu gösteren bir kanıt gibi kullanıyorlardı. Güneş merkezli evreni savunanlar ise paralaks etkisinin uzaklıkla azaldığını ve bunun da yıldızların inanılmayacak kadar uzakta olduğu anlamına geldiğini savunuyorlardı.

Friedrich Bessel, 1810 yılında Prusya Kralı III. Frederik William kendisini Königsberg'de yeni bir rasathane kurması için davet edince "inanılmayacak kadar uzakta" tanımına bir rakam koymak için çalışmaya başladı. Bu rasathane Avrupa'daki en kaliteli aletleri barındırıyordu çünkü İngiltere Başbakanı William Pitt, acımasız cam vergileri yüzünden kendi ülkesindeki cam sanayisini yerle bir etmişti, ve böylece Almanya'nın Avrupa'daki en büyük teleskop üreticileri olmasına izin vermişti. Alman mercekleri titizlikle üretiliyordu ve üç mercekli yeni bir düzenleme teleskoplardaki *renk bulanması* sorununu yok ediyordu.

Königsberg'de gözlemlerini geliştirmek ve düzeltmekle geçirdiği yirmi sekiz yıldan sonra Bessel, en önemli başarısını yakaladı. Düşünülebilecek her hatayı dikkate aldıktan ve altışar ay aralarla birçok gözlem yaptıktan sonra 61 Cygni denilen bir yıldızın paralaks etkisiyle konumunun 0.6272 arksaniye yani 0.0001742° değişiyor gibi görüldüğünü keşfetti. Bessel tarafından keşfedilen bu paralaks çok küçüktü. Yaptığımız parmak deneyini hatırlarsanız buradaki paralaks, 30 km uzunluğunda bir kolunuz olsa, ve onu uzatıp parmağınıza sağ ve sol gözlerinizle baktığınız zaman oluşur!

Şekil 34'te Bessel'in ölçümleri özet olarak gösterilmektedir. A noktasından 61 Cygni'yi belirli bir görüş açısıyla izledi, 6 ay sonra ise aynı gözlemi B noktasından yapınca bu açının değişmiş olduğunu gözlemledi. Güneş, Dünya ve 61 Cygni'nin oluşturduğu dik üçgen, Dünya'nın 61 Cygni'ye olan uzaklığını ölçmesine olanak tanıdı, çünkü Dünya ve Güneş arasındaki mesafeyi biliyordu ve şimdi de üçgenin bir açısını öğrenmişti. Bessel'in hesaplamalarına göre Dünya'nın 61 Cygni'ye olan uzaklığı 10^{14}



Şekil 34: 1838'de Friedrich Bessel ilk yıldız paralaksı ölçümünü yaptı. Dünya Güneş'in etrafında yörüngede gezerken yakınlarda bir yıldız olan 61 Cygni'ye A ve B noktalarından bakıldığında başka yıldızlara kıyasla yer değiştirmiş gibi görünür. Dik üçgendeki dar açı $0.0001742^\circ/2$ veya 0.0000871° 'dir, ve üçgenin kısa kenarı Dünya-Güneş arasındaki mesafedir. Bu nedenle Bessel, Dünya'yla 61 Cygni arasındaki mesafenin 100,000,000,000,000 km olduğunu buldu, bugün bu mesafenin 108,000,000,000,000 km olduğunu biliyoruz. Kilometre yıldızlar arası mesafeyi ölçmek için çok kısa bir ölçü birimidir, bu yüzden astronomlar *ışık yılı*ni tercih ederler. Bu mesafe, ışığın bir yılda kat ettiği mesafedir. Bir yılda 31,557,600 saniye vardır ve ışık saniyede 299,792 km hızla gider.

$$1 \text{ ışık yılı} = 31,557,600 \text{ s} \times 299,792 \text{ km/s}$$

$$= 9,460,000,000,000 \text{ km}$$

Bu da demektir ki 61 Cygni, Dünya'dan 11.4 ışık yılı uzaktadır. Işık yılı bizlere teleskopların zaman makinesi olarak çalıştıklarını hatırlatır. Çünkü ışığın belli bir mesafeyi kat etmesi sonlu bir zaman alır. Gök cisimlerinin sadece geçmişteki hallerini görebiliriz. Güneş ışınlarının Dünya'ya gelmesi 8 dakika alır, bu yüzden Güneş'in her zaman 8 dakika önceki halini görürüz. Güneş şu anda yok olsa bundan ancak 8 dakika sonra haberimiz olabilir. 61 Cygni daha uzakta olduğu için onun 11.4 yıl önceki halini görebiliyoruz. Bir teleskop bize ne kadar uzağı gösterirse o kadar çok geçmişe gideriz.

km.ydi (yani 100 trilyon km). Şu anda bu ölçümün %10 kadar kısa kaldığını ve 61 Cygni'nin 1.08×10^{14} km, veya Güneş'ten 720 000 kat daha uzakta olduğunu biliyoruz. Şekil 26'da açıklandığı gibi bu uzaklık 11.4 ışık yılıdır.

Kopernik'e inananlar haklıydı, yıldızlar hareket ediyordu ve yıldızların zıplamalarının görülememesinin sebebi çok ama çok uzakta olmalarıydı. Her ne kadar astronomlar yıldızların çok uzakta olduklarını tahmin ediyor olsalar da Dünya'ya en yakın yıldızlardan biri olan Cygni 61'in bu kadar uzakta olması onları çok şaşırtmıştı. 61 Cygni'nin ne kadar uzak olduğunu şu şekilde de anlatabiliriz: Farz edelim ki Güneş'ten Pluto'ya kadar, tüm Güneş sistemini bir eve sığdırdık. En yakın komşumuz olan yıldızlar bile bizden onlarca kilometre uzakta kalırlar. Samanyolu'nun yoğunluğunun çok düşük olduğu hemen anlaşıldı.

Bessel'in çağdaşları, onun ölçümlerini övdüler. Alman fizikçi ve astronom Wilhelm Olbers, "Evren hakkındaki görüşlerimizi ilk kez somut temellere oturttu," diyordu. Benzer bir şekilde William Herschel'in oğlu ve ünlü bir astronom olan John Herschel; "Uygulamalı astronominin tanık olduğu en büyük başarı", olduğunu söylüyordu.

Astronomlar artık sadece 61 Cygni'nin uzaklığını bilmekle kalmıyor, aynı zamanda Samanyolu'nun da boyutlarını tahmin edebiliyordu. 61 Cygni'nin parlaklığını Sirius'la karşılaştırarak William Herschel'in siriometre birimini ışık yılına çevirebildiler ve Samanyolu'nun 10 000 ışık yılı genişliğinde ve 1000 ışık yılı kalınlığında olduğunu buldular. Aslında Samanyolu'nun boyutlarını 10 katı küçük tahmin etmişlerdi, çünkü günümüzde Samanyolu'nun 100 000 ışık yılı genişliğinde ve 10 000 ışık yılı kalınlığında olduğunu biliyoruz.

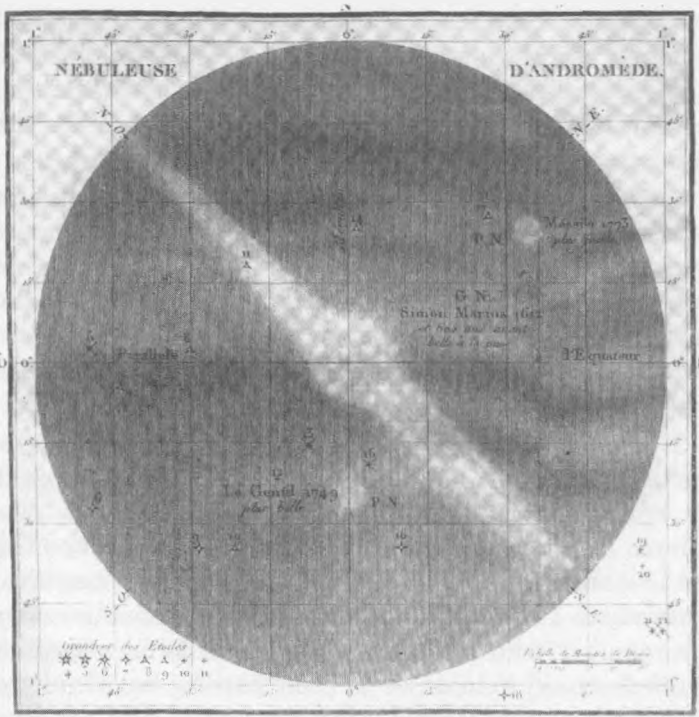
Eratosthenes, Güneş'e olan mesafeyi hesapladığı zaman şoke olmuştu, ve Bessel de en yakın yıldızların uzaklığı karşısında şaşakalmıştı ama Samanyolu'nun boyutları gerçekten inanılmazdı. Aynı zamanda astronomlar Samanyolu'nun inanılmaz genişliğinin bile sonsuz olduğu

düşünülen evrenin yanında anlamsız olduğunu fark ettiler. Doğal olarak bazı bilim adamları Samanyolu'nun dışındaki boşlukta neler olduğunu merak etmeye başladılar. Samanyolu'nun ötesindeki uzay gerçekten boş muydu, yoksa orada da gök cisimleri var mıydı?

Astronomlar ilgilerini nebulara, yıldızlardan çok daha farklı ışınlar yayan lekelerle çevirdiler. Bazı astronomlar bu gizemli gök cisimlerinin evrenin dört yanında olabileceğini söylediler. Ancak astronomların çoğunluğu, nebuların Samanyolu içindeki sıradan cisimlerden olduğunu söylüyordu. Çünkü William Herschel, her şeyin disk şeklindeki Samanyolu içinde olduğunu söylemişti.

Nebuların gözlemlenmesi, antik çağlarda yaşayan astronomlara kadar dayanır. İlk astronomlar çıplak gözle fark edilebilen birkaç nebula keşfetmişlerdi, ama teleskopların icadıyla daha da fazla nebula keşfedilmeye başlandı. Nebular hakkında detaylı bir katalog hazırlayan ilk astronom Fransız Charles Messier'dir. Nebuları kaydetme işine 1764'te başlayan Messier, daha önce kuyruklu yıldızlar hakkında da detaylı bir katalog hazırlamış ve çok başarılı olmuştu; bu yüzden Kral XV. Louis ona kuyruklu yıldız tazısı lakabını takmıştı. Fakat Messier kuyruklu yıldızları bulmaya çabalarken onları sürekli nebularla karıştırıyordu, çünkü ilk bakışta her ikisi de gökyüzünde bir leke gibi görünüyordu. Kuyruklu yıldızlar gökyüzünde hareket ettikleri için, zamanla kendilerini belli ediyorlardı, ama Messier nebuları da belirlemek ve ileride onları kuyruklu yıldızlarla karıştırmamak istedi. Böylece günlerce bir nebulaı izleyip hareket etmesini beklemeyecekti. 1781'de 103 nebulaın bulunduğu katalogunu yayınladı. Günümüzde bile bu nebular Messier sayısıyla kayıtlıdır. Örneğin, Yengeç Nebulası M1, Andromeda Nebulası ise M31'dir. Messier'in Andromeda Nebulası çizimi Şekil 35'te gösterilmektedir.

William Herschel, Messier katalogunun bir kopyasını aldıktan sonra gözlerini nebulara dikti ve dev teleskoplarını kullanarak nebuları araştırdı. Herschel, Messier'i



Şekil 35: Yirmi yıl gözlem yaptıktan sonra Charles Messier, 1781 yılında 103 nebula'nın olduğu bir katalog yayınladı. Andromeda Nebulasının detaylı çizimi, nebulaların yıldızlardan ne kadar farklı olduğunu göstermektedir.

çok geride bırakarak 2500 nebula keşfetti, ve keşifleri sırasında doğaları hakkında tahminlerde de bulundu. Bulutlara benzedikleri için (nebula Latince'de bulut demektir) onların gerçekten de toz ve gaz bulutları olduğunu düşündü. Daha da önemlisi bu bulutların bazılarının arasında küçük yıldızlar görebildiği için, nebulaların genç yıldızları doğurduğu ve etraflarındaki bulutların da yoğunlaşarak gezegenleri oluşturduğu varsayımında bulundu. Bütün ihtimaller dâhilinde bu nebulaların hayatlarının ilk evrelerindeki yıldız olduğunu ve diğer yıldızlar gibi Samanyolu'nda bulunduklarını düşündü.

Herschel, Samanyolu'nun evrendeki tek yıldız topluluğu olduğuna inanırken XVIII. yüzyıl Alman filozofu Immanuel Kant, ona karşı geldi ve nebuların bazılarının Samanyolu gibi yıldız toplulukları olduğunu, Samanyolu'na benzer büyüklükte ancak Samanyolu'nun çok dışında olduğunu savundu. Kant'a göre nebuların bulut gibi görünmelerinin sebebi, milyonlarca yıldızdan oluşmuş olmaları ama Dünya'dan çok uzak oldukları için bu yıldızların ışınlarının birleşerek bulanıklaşmasıydı. Savını desteklemek için nebuların çoğunun elips şeklinde olduğunu ve bu şeklin de bir yıldız topluluğu olan disk şeklindeki Samanyolu ile aynı olduğunu savundu. Her ne kadar Samanyolu yukardan bakıldığı zaman daire şeklinde bir diske, yandan bakıldığı zaman da çizgiye benzese de bu iki açının arasından bakıldığı zaman, elips şeklinde olacaktır. Kant nebulara "ada dünyalar" diyordu, çünkü bir okyanus gibi olan uzayda, yıldızların oluşturduğu adalar olduklarını düşünüyordu. Samanyolumuz da bu ada dünyalardan bir tanesidir. Günümüzde bu tip izole yıldız topluluklarına galaksi diyoruz.

Her ne kadar Kant'ın nebuları galaksi olarak düşünmesi, gözlemleriyle temellendirilmiş olsa da aynı zamanda teolojik bir nedeni de vardı. Tanrı'nın her şeye kadir olduğunu söylüyordu, bu yüzden evren de sonsuz ve içerik bakımından da limitsiz bir zenginlikte olmalıydı. Tanrı'nın yaratımının sadece Samanyolu'yla sınırlı olması Kant'a saçma geliyordu.

Eğer Tanrı'nın tüm yaratımını Samanyolu'nun çapındaki bir küreye kısıtlarsak Tanrı'nın sonsuz yaratıcı gücünü bir miskete hapsedmiş gibi oluruz. Limitleri ve birlikle olan ilişkisi her ne olursa olsun, sonlu olan her şey eşit derecede sonsuzdan uzaktır... Bu yüzden de ilahî özelliklerin yansımaları olan yaratılmışlar da ilahî özellikler gibi sonsuz olmalıdır. Uzayın sonsuzluğuyla birleştirilmediği takdirde, ebediyet Yüce Tanrı'nın yarattıklarını anlamak için yeterli değildir.

Savaşın safları belliydi. Herschel'i destekleyenler nebulaların Samanyolu içindeki genç yıldızlar olduğunu söylerken Kant'ın destekleyicileri, nebulaların Samanyolu dışındaki başka galaksiler olduklarını savunuyordu. Bu tartışmayı sonlandırmanın tek yolu daha iyi gözlemsel kanıtlar bulmaktı ve bu kanıtlar da Üçüncü Rosse Kontu, William Parsons sayesinde ortaya çıkacaktı.

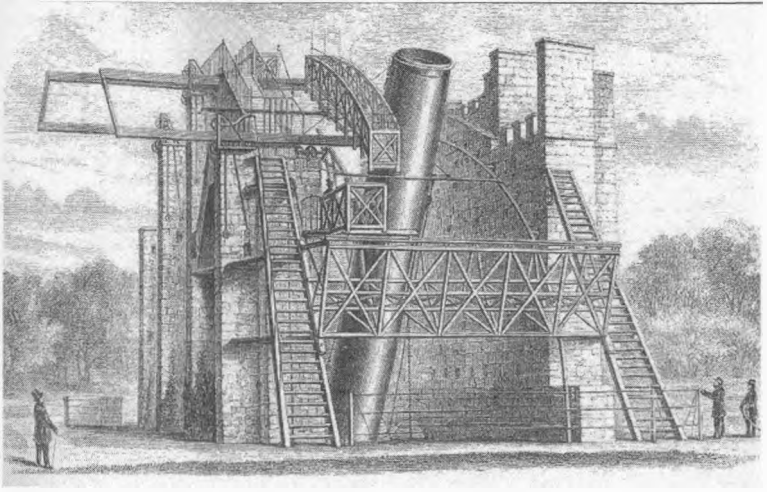
Zengin bir varisle evlenip İrlanda'daki geniş bir arazide yer alan Birr Şatosunu miras aldığı için Lord Rosse hayatını bir bilim adamı olarak geçirebiliyordu. Dünya'da o zamana kadar yapılmış en büyük ve en iyi teleskobu yapmaya karar verdi ve bu amaçla kollarını sıvadı. *Bristol Times* gazetesinin bir muhabirinin haberi, onu şöyle anlatıyordu:

“Teleskop yapımcısı kontu gördüğümde, unvanını ve statüsünü belli eden cüppesi yerine kısa kollu bir gömlek giymişti. Az önce çalıştığı mengeneyi bırakmış, üzerinde demir talaşıyla bir örsün üzerindeki kaptta ellerini yıkıyordu. Bu sırada da birkaç demirci, ellerindeki demiri döerken kıvılcımları kontun üzerine sıçırıyordu. Fakat kendisi sanki Ateş Kralıymış gibi bu kıvılcımları hiç umursamıyordu.”

Dev teleskop için gerekli olan aynayı yapmak bile başlı başına büyük bir mühendislik projesiydi. Çapı 1.8 metre, ve ağırlığı 3 ton olan aynayı dökmek için 80 metre küp- lük bir ocak yapılmıştı. Arnagh Rasathanesi müdürü Dr. Thomas Romney Robinson, aynanın dökülüşünü şöyle tarif ediyor:

“Orada bulunanlar, bu işlemin yalın güzelliğini asla unutamayacaktır. Yukarıda yıldızlı gökyüzü en parlak Ay'la taçlanmıştı ve sanki kontu dikkatlice izliyordu. Aşağıda, ocaklar dev sarı alevler püskürtüyordu ve yanan kazanlar sanki kırmızı alev fiskiyeleriydi.”

1845 yılında üç yıllık bir yapım aşamasının ve kontun kendi servetinden 1 milyon pound harcamasının ardından, Lord Rosse, 16.5 metre uzunluğundaki teleskobunu



Şekil 36: Kont Rosse'un "Parsonstown'ın Leviathan'ı" lakaplı teleskobu. 1.8 metre çapla bu teleskop, yapıldığı zaman Dünya'nın en büyük teleskobuydu. Parsonstown da Birr şehrinin eski ismidir.

bitirdi. Maalesef aynı dönemde İrlanda'da patates kıtlığı baş gösterdi. Lord Rosse bu trajediyi daha önceden tahmin etmiş ve ekinlerin ziyan olmaması için yeni tarım teknikleri önermişti. Gökyüzü incelemelerine ara verdi ve parasını ve zamanını halka yardım etmeye ayırdı. Bunun yanı sıra tebaasından kira da toplamadı ve tarihin bu zor döneminde halkının yanında yer alan dürüst ve iyilik sever bir politikacı olarak ünlendi.

Birkaç yıl sonra Lord Rosse gökyüzünü yeniden izlemeye koyulduğu zaman gözlemlerini muhteşem teleskobunun yukarısındaki asma kattan yaptığı için beş işçi; çıkırıklar, vinçler ve takozlarla teleskobu doğru yöne çevirmeye uğraşırken bir yandan da dengesini korumaya çalışıyordu. Lord Rosse ve ekibi her gece bu canavarı kontrol etmek için o kadar çok uğraşıyorlardı ki teleskoba Parsonstown'ın Leviathan'ı lakabı verildi.

Rosse'un bu uğraşları gökyüzünün mükemmel manzaralarıyla ödüllendirildi. Rosse'un asistanı Johnstone

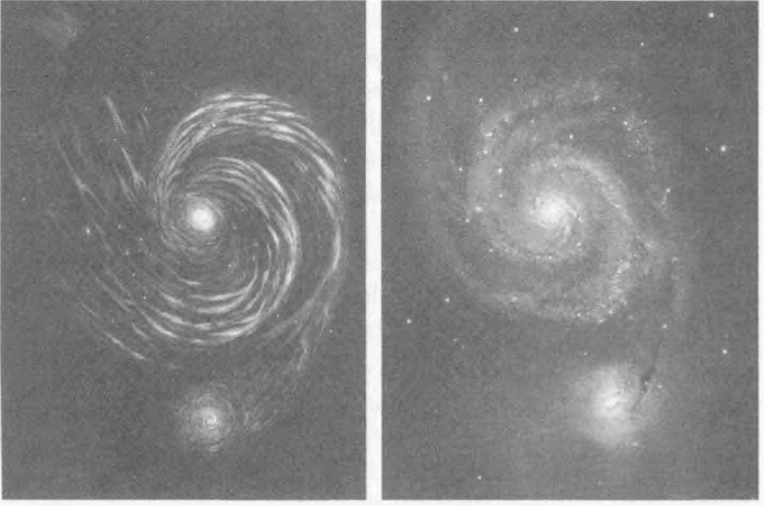
Stoney, teleskobun gücünü ve kalitesini şöyle değerlendiyordu: “Gökyüzündeki en az parlayan yıldızlara bile çevirdiğimiz zaman, teleskop onların aslında ne kadar parlak olduklarını gösterebiliyordu. Genellikle bezelye büyüklüğünde yanan toplar gibiydiler...”

Tek sorun Leviathan’ın, bulutsuz ve berrak bir gökyüzüyle ünlü olmayan İrlanda’nın ortasında yer almasıydı. Bataklıklardan gelen sis dışında, İrlanda’da iki çeşit hava durumu vardı; yağmurlu ve yağmurdan önce. Bir keresinde sabırlı Lord, hanımına yazdığı mektupta “Buradaki hava hâlâ iç karartıcı ama tamamen iğrenç değil,” diyordu.

Bazen bulutların arasından Rosse, nebuların çok detaylı gözlemlerini yapabiliyordu. Şekilsiz lekeler gibi görünmek yerine artık nebuların iç yapıları bile belli olabiliyordu. Şekil 37’de gösterildiği gibi, Rosse’un ilk detaylı şeklini çizdiği nebula, Messier katalogunda M51 olarak kaydedilmişti. M51’in spiral bir yapısı olduğunu rahatlıkla görebilmişti. Özellikle spiralin kollarından birinin ucunda ufak başka bir girdap fark ettiği için, M51’e bazen Lord Rosse’un Soru İşareti Nebulası da denmektedir. Rosse’un çizimi Avrupa’da kısa sürede tanındı, ve hatta Van Gogh’un *Yıldızlı Gece* resmine de ilham kaynağı olduğu söylenir.

Bir girdaba olan benzerliği M51’e diğer adını kazandırdı: Girdap Nebulası. Aynı zamanda Rosse’un şu sonuca ulaşmasını sağladı: “Böyle bir sistemin kendi içsel hareketi olmadan var olması çok düşük bir olasılıktır”. Ayrıca bu gök cisminin bir toz ve gaz bulutundan fazlası olduğunu savundu. “Görüntü kalitemiz arttıkça gözlemlediğimiz yapı, daha karmaşıklaşmıştır... Nebulanın içinde birçok yıldız bulunmakta.”

Nebuların bir kısmının yıldız kümeleri olduğu git-tikçe açıklık kazanıyordu ama bu, Kant’ın nebuların Samanyolu’nun dışında yer alan bağımsız yıldız kümeleri olduğu iddiasını kanıtlamıyordu. Samanyolu’nun dışında olması için bu tür nebuların çok uzakta ve çok geniş olması gerekiyordu, fakat belki de Girdap Nebulası, Saman-



Şekil 37: Solda Lord Rosse'un çizdiği Girdap Nebulası, sağda ise La Palma Rasathanesinde çekilmiş yeni bir fotoğrafı. Lord Rosse'un teleskobunun gücünü ve gözleminin doğruluğunu görebilirsiniz.

yolu'nun içinde veya kenarında yer alan daha ufak bir yıldız kümesiydi. Birisi nebulaların Dünya'ya olan uzaklığını hesaplayabilirse Samanyolu'nun neresinde yer aldıkları belli olabilirdi. Önemli olan nokta uzaklıktı. Maalesef, uzaklığı hesaplamada kullanılan en iyi yöntem olan yıldız paralaksı nebulalar için kullanılamıyordu. Yıldız paralaksı Dünya'ya en yakın yıldızlarda bile çok ufak bir açı kırılması gözlemleyebildiği için, Samanyolu'nun kenarındaki, belki de çok dışındaki bir gök cismini hesaplayabilmesi imkânsızdı. Bu yüzden nebulaların tam olarak ne olduğu bilinemiyordu.

Yıllar geçtikçe astronomlar bulutsuz ve yüksek bölgelerde daha güçlü teleskoplar yapmaya başladılar. Başka olayları inceleseler de astronomlar nebulaların gerçek kimliklerini öğrenmenin bir yolunu da araştırdılar.

Bir sonraki büyük teleskop yapma uzmanı, Lord Rosse'dan daha takıntılı olduğunu kanıtlayan milyoner George Ellery Hale'di. Hale 1868'de Chicago'da doğmuştu ve

1871 Chicago yangını, kendi eski evleri de dahil olmak üzere 18 000 evi yok etmeden hemen önce New York'a taşınmışlardı. Chicago mimarlar için temiz bir sayfa gibiydi ve dokuz katlı Ev Sigortası Binası, dünyanın ilk gökdeleni oldu ve Chicago'nun yanı sıra Amerika'nın birçok şehrinde gökdelen yapma modasını başlattı. Hale'in babası William, eskiden çok başarılı olmayan bir pazarlamacıydı, ama bankadan kredi alıp Chicago gökdelenleri için gerekli olan asansörleri satacak bir şirket kuracak kadar akıllıydı. Gelecekte Eyfel Kulesi'nin de asansörünü o inşa edecekti.

Ailesi zengin olunca genç George'un mikroskop ve teleskoplara olan ilgisini yatıştıracak maddi imkâna kavuştular. Çocukluk hevesinin bir saplantıya dönüşeceğinden habersizdiler. Hale büyüdüğü zaman dünya çapında bir teleskop yapımcısı oldu. İlk büyük projesi, Batı kıyısındaki astronomlar bir teleskop yapma projesini yarıda bıraktıkları zaman gerçekleşti. Bu astronomlardan bazı işe yaramaz lens parçaları aldı ve bu parçaları birleştirerek bir metre çapında bir teleskop yapmaya karar verdi. Aynı zamanda bu teleskobun etrafında yepyeni bir rasathane de yapmak istiyordu.

Hale yeni teleskobuna ve rasathanesine gereken maddi yardım için Charles Tyson Yerkes'e başvurdu. Yerkes, bir ulaşım milyoneriydi ve halen kullanımda olan Chicago'nun yüksek raylı sistemlerini inşa etmişti. Yerkes aynı zamanda hüküm giymiş bir kaçakçıydı ve Hale bir rasathaneye sponsor olmanın onu yüksek sosyeteye sokacağını ikna etmeye çalışıyordu. Hale, zengin emlak yatırımcısı James Lick'in, California Lick Rasathanesine sponsor olduğunu hatırlatıp Yerkes'in kıskançlıklarından da yararlanmaya çalıştı.

Hale'in bitmeyen ısrarlarına dayanamayan Yerkes, yarım milyon dolar vermeye ikna oldu; böylece Yerkes Rasathanesi, Chicago Üniversitesi'nin bir parçası olarak kuruldu. Rasathanenin temel atma töreninden sonra bir gazete; "Yerkes yüksek sosyeteye girdi" şeklinde bir manşet

atsa da gazete çok iyimser kaldı. Chicago'nun elit kesimi tarafından kabul edilmeyen Yerkes Londra'ya taşındı ve Londra metrosunun inşaatında yer aldı.

Yerkes Rasathanesi Chicago'nun 120 km. kuzeyinde, Williams Bay adlı bir kasabanın yakınlarındaydı. Kasaba hâlâ mumlar ve gaz lambalarıyla aydınlandığı için astronomlar en ufak yıldız ışığının bile parlak şehir ışıkları arasında kaybolmayacağını biliyordu. Elektrikle aydınlatılan en yakın yerleşim yeri olan Cenova Gölü bile 10 km uzaktaydı. 20 metre uzunluğundaki ve 6 ton ağırlığındaki teleskop 1897'de tamamlandı. Teleskop, doğru yöne çevirmek ve dünyanın dönüşüne göre ayarlamak üzere 20 tonluk makine teçhizatı ile birlikte kurulmuştu. Böylece gözlemlenen yıldız veya nebula, teleskobun görüş alanında kalıyordu. Yerkes teleskobu hâlâ kendi türünün en büyük teleskobudur.

Fakat Hale tatmin olmamıştı. On yıl sonra Carnegie Enstitüsü'nden yardım toplayarak mühendisliğin sınırlarını daha da zorlamaya karar verdi. California'da, Pasadena yakınlarındaki Mount Wilson'da 1.5 metre çapında bir teleskop yapmaya girişti. 1.5 metre çapındaki bir lens kendi ağırlığı altında büküleceği için bu sefer ayna kullanmaya karar verdi. Daha büyük, uzun ve hassas teleskoplar yapma tutkusunun, her şeyde en iyi olma hırsı olarak tanımladığı "Amerikalılık" hastalığının bir göstergesi olduğunu söylüyordu. Maalesef Hale'in kusursuzluk saplantısı ve çok büyük projeleri yönetme sorumluluğu kendisini yok etmeye başladı. Aşırı stres yüzünden psikoz nöbetleri geçirmeye başladı ve sonunda Maine eyaletinde birkaç ay sanatoryumda kaldı.

Yine Mount Wilson'da 2.5 metre çapında bir teleskop yapmayı amaçlayan üçüncü projesiyle birlikte akıl sağlığı daha da zarar gördü. Aynasının temeli için Fransa'dan 5 tonluk cam bir disk satın aldı. Gazetelere göre, o zamana kadar Atlantik Okyanusunu geçecek en değerli mal buydu. Fakat satın aldığı mal geldiği zaman Hale'in ekibi enişelenmeye başladı, çünkü camın içinde küçük hava ka-



Şekil 38: 1910 yılında Andrew Carnegie ve George Ellery Hale, Mount Wilson'da, 1.5 metre çapındaki teleskobun bulunduğu kubbenin hemen önündeler. Milyoner Carnegie (solda), daha uzun görünmek için biraz daha yüksekte duruyor. Başkalarıyla birlikte fotoğraf çekileceği zaman genellikle böyle davranırdı.

barcıkları vardı. Hale'in eşi Evelina Hale, bu projenin kocasını nasıl etkilediğini görüyor ve bu yüzden dev lensten nefret ediyordu.

Proje başarısız olacak gibi görünüyordu ve aşırı baskı altında olduğu zamanlarda Hale halusinasyonlar görmeye ve teleskobu hakkındaki planlarını anlattığı yeşil bir cin tarafından rahatsız edilmeye başladı. Cin genellikle ona yardımcı olmaya çalışıyordu ama bazen de onunla dalga geçiyordu. Hale bir arkadaşına dert yanarak "Bitmek tükenmek bilmeyen bu yeni işkenceden nasıl kurtulurum, bilmiyorum" diyordu.

Los Angeleslı zengin John Hooker tarafından finanse edilen bu 2.5 metre çapındaki Hooker teleskobu, sonunda 1917'de tamamlandı. 1 Kasım gecesi Hale, ilk kez teles-

koptan gökyüzüne baktı ve Jüpiter'in etrafında altı tane hayalet gezegen gördü. Bu optik hatanın suçu hemen içinde hava kabarcıkları bulunan cama atıldı, ama daha sakince düşünenler işçilerin gün boyu rasathanenin tavanını açık bıraktıklarını, bu yüzden de Güneş'in teleskobun aynasını ısıttığını söylediler. Isınan aynanın soğuması beklenirse daha sağlıklı sonuçlar alınacağını düşündüler. Astronomlar gece saat üçe kadar beklediler. Gecenin aya-zında Hale'in yaptığı gözlemler daha önce kaydedilmiş herhangi bir gözlemden çok daha başarılıydı. Hooker teleskobu, daha önce başka hiçbir teleskobun göremediği nebulaları bile görebiliyordu; o kadar hassastı ki 15 000 km ötedeki bir mumu bile algılayabilirdi.

Fakat bu bile Hale için yeterli değildi. "Daha fazla ışık!" prensibinden yola çıkarak 5 metre çapında bir teleskop yapmaya karar verdi. Saplantısı o kadar ünlü oldu ki *X-Files* dizisinde bile işlendi. Mulder, Scully'ye cinin Hale'e nasıl para toplayacağı konusunda tavsiyelerde bulunduğu söylüyordu: "Aslında bir gece bilardo oynarken bu fikri buldu. Penceresine bir cin tırmandı ve yeni teleskobu için gereken parayı Rockefeller Vakfından almasını söyledi." Scully'de Mulder'a yeşil cinleri gören tek insan o olmadığı için rahatlaması gerektiğini söylüyordu. Mulder da "Ben aslında küçük yeşil adamlar görüyorum" diye cevap veriyordu.

Ne yazık ki Hale, 5 metre çapındaki teleskobunun bittiğini göremeyecekti. Ancak 1, 1.5 ve 2.5 metre çapındaki teleskoplarının yarattığı etkiyi görebildi; her iki teleskop da birçok farklı nebula keşfedilmesine neden oldu. Yine de bu nebuların tam konumları hâlâ bilinmiyordu. Bu nebular Samanyolu galaksisinin bir parçası mıydı, yoksa hepsi daha da uzakta kendilerine göre galaksiler miydi?

Nisan 1920'de Amerika Ulusal Bilim Akademisi, sonradan Büyük Tartışma adını alacak etkinliği düzenlemeye karar verince, bir çözüme yaklaşıldığı hissi uyandı. Akademi iki zıt görüşü bir araya getirip, ünlü bilim adamlarının önünde savlarını ortaya koymalarını ve bir karara

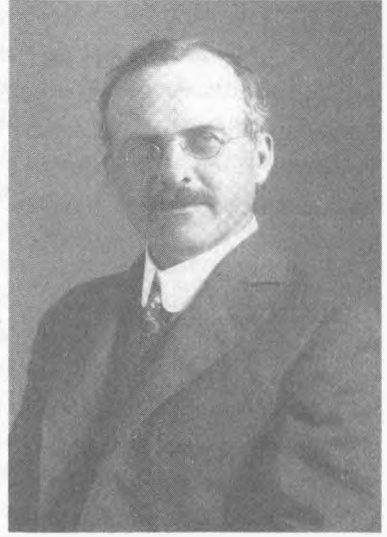
varılmasını düşünmüştü. Samanyolu'nun tüm evreni ve nebuları kapsadığı görüşü Mount Wilson Rasathanesinde benimsenen bir görüştü, ve görüşlerini savunması için hırslı ve genç bir astronom olan Harlow Sharpley'i gönderdiler. Nebuların kendi başlarına galaksiler olduğu görüşü de Lick Rasathanesinde popülerdi ve bu görüşü savunmak için Heber Curtis'i görevlendirdiler.

Şansa iki rakip astronom California'dan Washington'a gitmek için aynı trene binmişlerdi. Her ikisi için de garip bir yolculuktu – zıt görüşte iki astronom, 4000 km.lik bir yolculuk boyunca tartışmaya erken başlamak için kendilerini tuttular. İki bilim adamının zıt kişilikleri, aralarındaki gerilimi daha da arttırıyordu.

Curtis'in kendine güvenen ve üstün bir havası vardı ve önemli bir astronom ve konuşmacı olarak ünlüydü. Yaklaşan tartışmayı ipe çekiyordu. Buna karşın Shapley endişeliydi ve Curtis'in gölgesinde kalıyordu. Missouri'li bir saman çiftçisinin oğlu olan Shapley'nin astronomiye başlama sebebi bile kendi kararından ziyade şans eseri idi. Gençken üniversitede gazetecilik okumak istemiş ama üniversitede bu bölümün kapandığını görmüştü. Yeni bir konu seçmek zorunda kalan Shapley, “ Katalogu açtığım zaman ilk önce arkeolojiyi gördüm ama nasıl telaffuz edileceğini bile bilmiyordum. Bir sonraki bölüm astronomiydi ve bunu telaffuz edebiliyordum. Şimdi de buradayım.” diyordu.

Büyük Tartışma'nın gerçekleşeceği yıl Shapley ümit vaat eden genç astronomlar arasında yerini almıştı ama yine de Curtis karşısında eziliyordu. Güney Pasifik Ekspresi, Alabama'da bozulduğu zaman, Shapley dışarıya çıkıp çocukluğundan beri incelediği karıncalardan toplamaya başladı ve rakibinin bakışlarından kurtulabildi.

Büyük Tartışma'nın gerçekleşeceği gece, sonunda geldiğinde, ana etkinlikten önce yapılan uzun ödül töreni boyunca sinirleri daha da gerildi. Kazananları öven iltifatlar ve kabul konuşmaları sanki hiç bitmiyordu. Bir önceki sene yasaklandığı için sinirlerini yatıştırabilecek bir şarap



Şekil 39: Büyük Tartışma'nın iki büyük kahramanı: genç Harlow Shapley (solda), nebulaların Samanyolu galaksisi içinde yer aldığına inanıyordu. Daha yaşlı olan Heber Curtis ise nebulaların Samanyolu galaksisi dışında bağımsız galaksiler olduğunu iddia ediyordu.

bile yoktu. Dinleyiciler arasında yer alan Einstein yanındaki arkadaşına; “Yeni bir sonsuzluk teorisi buldum” diyerek ne kadar sıkıldığını anlatıyordu.

Sonunda Büyük Tartışma başladı. İlk önce Shapley başladı ve nebulaların Samanyolu'nun içinde olduğunu savundu. Sunumunda savını doğrulayacak iki kanıtı güveniyordu. Öncelikle nebulaların dağılımını inceledi. Nebulalar genellikle disk şeklindeki Samanyolu galaksisinin yukarısında veya aşağısında bulunuyordu ama nadiren diskin kenarlarındaydılar. Nebulaların bulunmadığı bu çembere *Sakınma Çemberi* deniyordu. Shapley bu olayı, nebulaların yeni doğmakta olan yıldızlar ve gezegenler olduğunu söyleyerek açıklıyordu. Nebulaların Samanyolu'nun sadece yukarısında ve aşağısında olmasının sebebi- nin de yıldızların daha yoğunlaşıp merkeze gelememeleri

olduğunu söylüyordu. Böylece sakınma çemberini, evrendeki tek galaksinin Samanyolu olduğunu söyleyerek açıklayabiliyordu. Ardından rakibine dönerek sakınma çemberinin onların evren modellerine uymadığını anlattı: Eğer nebular gerçekten bağımsız galaksilerse, Samanyolu'nun sadece belli bir bölgesinde değil evrenin her yerine dağılmış bir şekilde olmaları gerekliydi.

Shapley'nin ikinci kanıtı 1885'te Andromeda nebula-sında ortaya çıkan bir süpernovaydı. Bir nova yeni bir yıldız değil, aksine komşu bir yıldızdan aldığı yakıtla parlaklığı bir anda artmış eski bir yıldızdır. 1885'de gerçekleşen süpernova tüm Andromeda nebulasının onda biri kadar parlaktı. Eğer Andromeda, Samanyolu içindeki ufak bir yıldız kümesiye bu olağan bir durumdu, ancak rakiplerinin belirttiği gibi Andromeda Samanyolu'nun dışında bağımsız bir galaksiye bu milyarlarca yıldız barındırdığı anlamına geliyordu ve süpernova da yüzlerce milyon yıldız kadar parlak olmalıydı! Shapley, bunun imkânsız olduğunu savunuyor ve tek mantıklı açıklamanın Andromeda nebulasının bağımsız bir galaksi olmadığını ve Samanyolu içinde yer aldığını söylemek olduğunu öne sürüyordu.

Bazıları için bu kadar kanıt yeterliydi. Bir astronomi tarihçisi olan Agnes Clerke, Shapley'nin savlarını daha önceden biliyordu ve "Kanıtları gören herhangi akli başında bir insan, nebuların Samanyolu'yla eşdeğer konumda yıldız toplulukları olduğunu söyleyemez." diye yazmıştı.

Ancak Curtis, tartışmanın sonuçlandığını düşünmüyordu. Curtis, Shapley'nin savunmasının zayıf olduğunu düşünüyordu ve her iki kanıtına da saldırdı. Her iki bilim adamının da sunumlarını yapmak için otuzbeş dakikası vardı, ancak stilleri farklıydı. Shapley farklı dallardan gelen bilim adamlarına çok da teknik olmayan bir konuşma yapmıştı, fakat Curtis karşılık olarak savunmasını en ince detaylarına kadar yapıyordu.

Sakınma çemberi konusunda Curtis, bunun bir göz yanılması olduğunu düşünüyordu. Galaksi olan nebuların, evrenin her tarafına eşit şekilde dağıldığını söylüyor-

du. Samanyolu'nun ana ekseninde nebulaların görünmesinin sebebinin Samanyolu'ndaki, yüksek yoğunlukta-ki yıldızların parlaklığı olduğunu belirtti.

Shapley'nin savının diğer dayanağı olan 1885 süper-novasına gelince, Curtis bunun istisnai bir durum olduğunu açıkladı. Nebulaların spiral kollarında başka birçok nova gözlemlenmişti ve hepsi Andromeda novasından çok daha az parlaktı. Hatta, nebulalarda gözlenen novalar o kadar aşırı derecede belirsizdi ki bu onların çok uzakta ve Samanyolu'nun ötesinde olduklarını kanıtlar cinsteydi. Kısaca, Curtis inandığı evren modelini 35 yıl önce gözlemlenmiş bir istisna yüzünden bırakmaya hazır değildi. Evrende birden fazla galaksi olduğunu savunan, kanıtlanmamış evren modeli için:

“İnsan aklı, bundan daha önemli çok az kavram düşün-ebilmiştir. Galaksimizdeki milyonlarca yıldızdan birinin ufak bir uydusunda yaşayan biz mikroskobik varlıklar, bu galaksinin ötesine bakıp benzer galaksiler görebiliyoruz. Her birinin çapı on binlerce ışık yılı ve her biri bizim galaksimiz gibi binlerce milyon yıldızdan oluşmuş. Bunları görerek evrendeki yarım milyon veya yüz milyon ışık yılı uzaklıktaki mesafeleri açığa çıkarıyoruz.”

Curtis konuşmasında kendi argümanlarını destekleyen veya Shapley'in savını baltalayan başka kanıtlar da sundu. İnanılır bir konuşma yaptığına ve tartışmayı kazandığına inanan Curtis, ailesine yazdığı mektupta “Washington'daki oturum çok güzel geçti ve büyük ihtimalle ben kazandım” diyordu. Aslında tam olarak biri yenmiş sayılmazdı ve gerçekten de Curtis daha ikna edici olmuş olsa bile Shapley'e göre, bunun sebebi kanıtları değil stiliydi. “Hatırladığım kadarıyla ben sunumumu okudum ama Curtis konuşmasını sundu ve çok fazla kağıda bakmadı, çünkü hitabeti daha iyiydi ve korkmuyordu.”

Büyük Tartışma, cevaplanmamış bir soruya daha fazla ilgi çekmekten fazlasını yapamadı. Bilimin sınırlarında yapılan araştırmaların ve çok az somut kanıta dayanan yeni teorilerin kapışmalarının doğasını göstermekle kaldı.

Her iki tarafın kullandığı veriler de yeterli değildi, ve her iki taraf da diğerinin kanıtlarını yanlış veya yoruma açık olarak değerlendirebiliyordu. Birileri, özellikle nebualara olan uzaklık olmak üzere somut bir gözlem kaydetmedikleri müddetçe her iki rakip teori de spekülasyon olmaktan öteye gidemeyecekti. Teorilerin popülerliği gerçek bir kanıttan ziyade destekçilerinin karakterlerine bağlıydı.

Büyük Tartışma insanın evrendeki yerini araştırıyordu, ve konuyu kapatmak için astronomide büyük bir gelişmenin gerçekleşmesi gerekiyordu. Popüler astronomi yazarı Robert Ball gibi bazı bilim adamları bu türden bir gelişmenin imkânsız olduğunu söylüyordu. *Göklerin Öyküsü* adlı kitabında astronomların bilginin sınırlarına eriştiklerini savunuyordu. “İnsan zekâsının artık daha fazla ışık tutamadığı bir noktaya geldik. Ayrıca hayal gücümüz de edindiğimiz bilgileri değerlendiremiyor.”

Antik çağdaki Yunanlılar da muhtemelen buna benzer sözler sarf etmiş ve Dünya’nın büyüklüğünü ve Güneş’e olan uzaklığını bulamayacaklarını iddia etmiştir. Ancak ilk bilim adamlarından olan Eratosthenes ve Aristarkus, Dünya’nın ve Güneş’in büyüklüklerini ölçmek için teknikler bulmuştu. Ardından Herschel ve Bessel, yıldızların parlaklığını ve yıldız paralaksını kullanarak Samanyolu’nun limitlerini keşfettiler. Artık nebuların ne olduğunu belirleyecek ve evrenin sırlarını ortaya çıkaracak yeni bir gelişmeye ihtiyaç vardı.

Şimdi Görüyorsunuz, Şimdi Görmüyorsunuz

Nathaniel Pigott, zengin ve nüfuzlu bir Yorkshire ailesinden geliyordu ve birinci sınıf bir astronomdu. William Herschel’in yakın arkadaşı olan Pigott, iki Güneş tutulmasını ve Venüs’ün 1769’daki transit geçişini yakından izlemişti. Aynı zamanda 1700’lerin sonunda, İngiltere’de bulunan üç özel rasathaneden birini inşa etmişti. Bunun so-

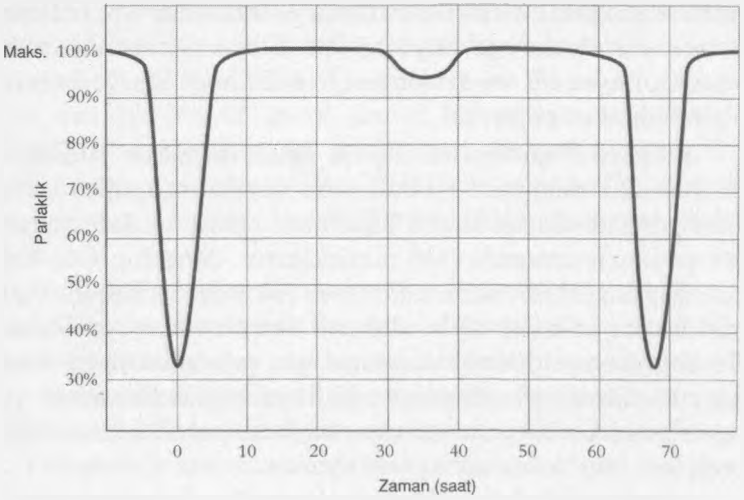
nucunda oğlu Edward etrafında teleskoplar ve benzeri astronomi aletleriyle büyümüştü. Edward karanlık gökyüzüne hayrandı ve astronomiye olan bağlılığı ve becerisiyle babasını geçecekti.

Edward Pigott'un en büyük ilgisi, değişken yıldızlardı. Novalar değişken yıldızlardan sayılırlar, çünkü uzun süre göreceli olarak sönük kaldıktan sonra aniden parlalar ve sonra zamanla eski matlıklarına dönerler. Göz kırpan Şeytan lakabı verilen Perseus takımyıldızındaki Algol gibi başka yıldızlar daha düzenli olarak sönüp parlalar. Bu değişken yıldızlar astronomi için çok önemlilerdi çünkü yıldızların asla sönmeyeceği düşüncesini tamamen yıkıyorlardı; bu nedenle de niye böyle davrandıklarını çözmek için büyük bir uğraş veriliyordu.

Yirmili yaşlarında Edward Pigott, genç John Goodricke'le arkadaş oldu. Goodricke, bilime çok ilgi duyuyordu ama sağırdı; İngiltere'de ilk kez sağırlara da eğitim verilmesinin düşünüldüğü bir çağda büyümesi ise onun şansınaydı. Thomas Braidwood tarafından 1760'ta, Edinburgh'da açılan ilk sağırlar okuluna gitmişti. Okul o kadar ünlüydü ki yazar Samuel Johnson, 1773'te burayı ziyaret etti.

Okulu bitirip on dört yaşına gelen Goodricke, Braidwood'dan Warrington Akademisine geçti ve duyabilen çocuklarla birlikte öğrenim görmeye başladı. Hocaları onu "çok hoşgörülü bir centilmen ve mükemmel bir matematikçi" olarak tanımlıyordu. Memleketi York'a döndüğü zaman, ona astronomi ve değişken yıldızların önemini öğreten Edward Pigott'un rehberliğinde çalışmalarına devam etti.

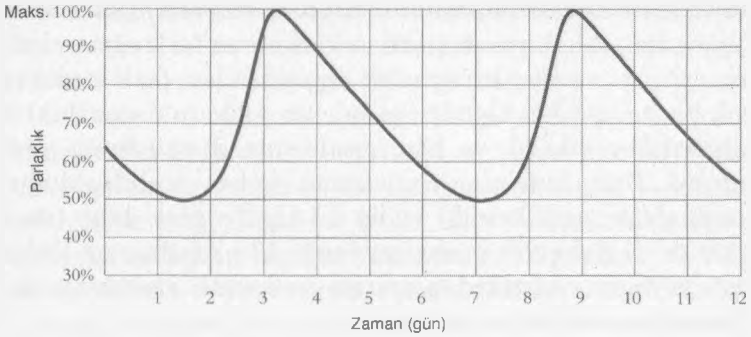
Goodricke, olağandışı bir astronom oldu. Daha önce hiç görülmemiş bir görsel hafızaya ve duyarlılığa sahipti ve değişken bir yıldızın geceden geceye parlaklığını inanılmaz bir şekilde ölçebiliyordu. Bu inanılmaz bir başarıydı, çünkü atmosferin durumunu ve Ay'ın parlaklığını da hesaplama gerekiyordu. Ancak bu şekilde doğru bir sonuç elde edebilirdi. Değişken bir yıldızın parlaklığını doğru şe-



Şekil 40: Algol yıldızının parlaklık değişimi simetrik ve düzenlidir. Her 68 saat 50 dakikada minimum parlaklığa düştüğünü görebilirsiniz.

kilde hesap etmek için, değişken yıldızın yakınlarında yer alan parlak bir yıldızla bakarak işini kolaylaştırıyordu. Tamamladığı ilk araştırma projelerinden biri Kasım 1782'den Mayıs 1783'e kadar Algol'un parlamayıp sönmelerini gözlemlemektir. Zamana karşı parlaklığını istatistik olarak döktü ve her 68 saat 50 dakikada en sönük halini aldığını keşfetti. Algol'un değişimleri, Şekil 40'ta gösterilmektedir.

Goodricke'in zekâsı da gözleri kadar parlaktı. Algol'un parlaklığının değişim düzenini inceleyerek onun ikiz bir yıldız olduğunu, yani birbirlerinin yörüngesinde olan iki yıldız olduğunu keşfetti. Şu anda bu durumun yıldızlarda sık rastlanılan bir şey olduğunu biliyoruz. Goodricke, Algol'de bir yıldızın diğerinden çok daha sönük olduğunu ve bu daha sönük olan yıldız, diğerinin önüne geçerek ışığını kestiği için toplam parlaklığın düştüğünü öne sürdü.



Şekil 41: Delta Sefe yıldızının değişken parlaklığı. Var olan değişkenlik asimetriktir ve birden artıp yavaşça azalır.

Goodricke daha sadece on sekiz yaşındaydı ama Algol analizi tamamen doğruydü. Algol'un değişim düzeni simetrikti ve tutulmalar da simetrik hareket ederler; ayrıca yıldız sistemi genellikle parlakken bir anda kısa süreliğine parlaklığını kaybediyordu, ve bu da tutulma durumuyla uyumluydu. Aslında birçok değişken yıldız bu şekilde açıklanabilmektedir. Goodricke'in çalışmaları Kraliyet Akademisi tarafından tanınmış ve ona prestijli Copley Nişanı verilmişti. Üç yıl önce aynı ödül William Herschel'e de verilmişti, ayrıca sonraki yıllarda aynı ödül Periyodik Çizelge'yi bulduğu için Dmitri Mendeleev'e, izafiyet üzerine çalışmaları yüzünden Einstein'a ve DNA'nın gizemini çözdükleri için Francis Crick ve James Watson'a da verilecekti.

Tutulmalar yaşayan ikiz yıldızların keşfi, astronomi için çok önemli bir gelişmeydi, ancak nebuların gizemini çözmede bir rolleri olmayacaktı. Bunun yerine Pigott ve Goodricke tarafından 1784'te yapılan bir gözlem, Büyük Tartışma'nın sonucunda önemli bir rol oynayacaktı. 10 Eylül gecesi Pigott, Eta Aquilae yıldızının parlaklığının değiştiğini fark etti. Bir ay sonra 10 Ekim'de Goodricke

Delta Sefe'nin de değişken olduğunu keşfetti. Daha önce kimse bu yıldışların değişken olduklarını fark etmemişti, ama Pigott ve Goodricke ufak değişiklikleri fark etmekte çok başarılıydılar. Goodricke her iki yıldışın da parlaklık istatistiğini çıkardı ve Eta Aquilae'nin döngüsünün yedi günlük, Delta Sefe'nin döngüsünün ise beş günlük olduğunu keşfetti; yani her iki yıldış da Algol'e göre daha uzun süre de değişkenlik gösteriyorlardı. Eta Aquilae ve Delta Sefe'yi diğer yıldışlardan ayıran en önemli özellik ise değişim istatistiklerinin şekliydi.

şekil 41'de Delta Sefe'nin geçirdiği değişim gösterilmektedir. İstatistiğin en önemli özelliği simetrik olmamasıdır. şekil 40'taki Algol istatistiğinde derin ve ince dşler varken Delta Sefe, bir günde en parlak haline geçiyor, ardından dört günde eski sönük haline dönüyordu. Eta Aquilae'nin de istatistikleri bunun gibi testere şeklindeydi. Bu tür bir döngü, yıldış tutulmasıyla açıklanamayacağı için iki bilim adamı bu yıldışlarda farklı bir şeyin olduğunu tahmin ettiler. Eta Aquilae ve Delta Sefe'nin yeni bir tür değişken yıldış olduğuna karar verdiler; günümüzde bu yıldış türüne Sefe değişkenleri veya sadece Sefe diyoruz. Bize en yakın Sefe olan Kutup yıldışı gibi bazı Sefeelerin değişimi çok hafiftir. Yıldışın değişken doğasından tamamen bihaber olan William Shakespeare, Julius Caesar adlı eserinde Sezar'a "Fakat ben kutup yıldışı gibi sabitim" dedirtir. Her ne kadar her zaman Kuzey'i gösterdiği için bu yıldış yön olarak sabit olsa da parlaklığı dört gecelik döngülerde azalıp artar.

Günümüzde Sefe yıldışlarının niye asimetrik bir şekilde değiştiklerini, buna neyin sebep olduğunu ve diğer yıldışlardan nasıl farklı olduklarını biliyoruz. Yıldışların çoğu bir denge durumundadır; yani yıldışın olağandışı kütlesi, çekim kuvveti yüzünden kendi içine çökmek isterken yıldışın içindeki maddelerin yanmasının dış basıncı bu kuvveti dengeler. Bu durumu bir balona benzetebiliriz, çünkü balonun kauçuk yüzeyi büzülüp kapanmak isterken içindeki hava basıncı dışarıya doğru bir baskı yapar.

Balonu gece boyunca buzdolabında bırakırsanız, içindeki hava soğur ve hava basıncı düşer, balonun kauçuk yüzeyi de büzülüp yeni bir denge durumuna geçer.

Fakat Sefe yıldızları denge halinde değildirler ve değişirler. Bir Sefe yıldızı soğuduğu zaman çekim kuvvetine karşı gelemmez ve içine çöker. Bunun sonucunda da yıldızın çekirdeğindeki yakıta bir baskı olur ve daha fazla enerji salınmaya başlar, böylece yıldız ısınır ve genleşir. Genleşme sırasında ve sonrasında enerji salınımı olur, yıldız tekrar soğur ve döngü aynen devam eder. Yıldızın soğuma ve büzülme safhası yıldızın dış yüzeyinin matlaşmasına ve Sefe'nin daha sönük olmasına sebep olur.

Her ne kadar Goodricke, Sefelerin neden böyle davrandıklarını bilmese de, yeni bir değişken yıldız türü bulmak başlı başına bir başarıydı. Henüz yirmi bir yaşındayken kendisine yeni bir ödül verildi ve Kraliyet Akademisi üyesi olarak kabul edildi. Fakat bu ödülünden on dört gün sonra genç astronomun çalışmaları yarıda kaldı. Uzun ve soğuk geceler boyu yıldızlara baktığı için zatürree olan Goodricke, yaşamını yitirmişti. Arkadaşı ve ortağı Pigott, şöyle yas tutuyordu: "Bu değerli genç adam artık yaşamıyor; sadece arkadaşları değil, kısa sürede astronomiye kazandırdıklarından dolayı bilim dünyası da onun özlemini duyacaktır". Sadece birkaç yıllık bir sürede Goodricke, astronomiye büyük katkılar yapmıştı. Her ne kadar kendisi farkına varmasa da Sefe değişkenlerinin keşfi, Büyük Tartışma'yı ve kozmolojinin gelişimini değiştirecekti.

Bir sonraki yüzyıl boyunca Sefe avcıları otuz üç farklı Sefe değişkeni daha bulacaklardı. Her birinin parlaklığı bir hafta içinde veya bir aydan fazla bir sürede artıp azalıyordu. Ancak Sefelerin incelenmesinde önemli bir sorun vardı: öznellik. Gerçekten de bu sorun tüm astronomi için önemliydi. Gözlemcilerin gökyüzünde gördükleri olay, özellikle geçici bir durumsa ve olayı anımsayarak yorum yapmaları gerekiyorsa, kendi önyargıları büyük rol oynuyordu. Aynı zamanda yapılan gözlemler sadece kelimeler-

le veya çizimlerle anlatılabiliyordu ve her ikisinin de kursosuz doğru olması beklenemezdi.

Ardından 1839'da Louis Daguerre, *daguerrotip* denilen ve bir görüntüyü metal bir plakaya kazıyan kimyasal bir işlemin ayrıntılarını yayınladı. Bir anda dünyayı fotoğraf çılgınlığı aldı ve herkes fotoğrafının çekilmesi için kuyruklara girmeye başladı. Fakat her yeni teknolojide olduğu gibi eleştirenler de vardı, Leipzig Şehir Gazetesi'nden bir yazar, "Kaybolmaya mahkûm yansımaları korumaya çalışmak sadece imkânsız değil, fakat bu isteği, bu imkânsızlığı amaçlamak bile küfürdür! Tanrı insanı kendi şeklinde yaratmıştır, ve hiçbir insan yapımı makine Tanrı'nın şeklini sabitleyemez. Tanrı hiç sonsuz kaidelerini bir kenara bırakıp bir Fransız'ın Dünya'ya, Şeytan icadı olan bu aleti vermesini kabul edebilir mi?" diyerek fotoğrafa karşı çıkıyordu.

William Herschel'in oğlu ve Kraliyet Astronomi Akademisi'nin başkanı John Herschel, bu yeni teknolojiyi ilk



Şekil 42: William Herschel'in oğlu Sir John Herschel'in, Julia Margaret Cameron tarafından çekilmiş portresi. Yanında da cam üzerine çekilmiş ilk fotoğraf. Şekil 33'te gösterilen William Herschel'in yaptığı teleskobun bir fotoğrafıdır.

kullananlardandı. Daguerre'in fotoğrafı ilan etmesinden birkaç hafta sonra işlemi tekrarlayarak cam üzerine bir fotoğraf çekebildi. Ardından fotoğrafçılığı geliştirmek için inanılmaz katkılarda bulundu ve "fotoğraf", "enstantane", ve "pozitif" ve "negatif" gibi fotoğrafçılık terimlerini buldu. Aslında Herschel, en sönük gök cisimlerini bile kaydedebilmek için fotoğrafçılığın limitlerini araştıran ve yeni teknolojiler geliştiren birçok astronomdan biriydi.

Fotoğraflar, astronomlara ihtiyaç duydukları nesnelliği kazandırdı. Herschel bir yıldızın parlaklığını anlatmak istediği zaman "Alfa Hidra, Gama Leonis'den çok daha az parlak ve Beta Aurig'e nazaran biraz daha az parlak" şeklinde betimlemek zorundaydı. Bu tür havada kalan sözler yerine artık sadece bir fotoğraf kullanılabiliirdi.

Fotoğrafın getirdiği kolaylıklara rağmen, bu yeni teknolojiden hâlâ korkan gelenekçiler vardı. Çizim yapmaya alışmış astronomlar, kimyasal işlemin kalıntılarının gökyüzünde yeni yıldızlar gibi algılanabileceğinden korkuyorlardı. Örneğin, kimyasal bir kalıntı nebula zannedilemez miydi? Bu yüzden tüm gözlemlerin raporlarının "görsel" veya "fotoğrafik" şeklinde etiketlenmesi şartı konulmuştu.

Kullanılan teknik geliştikçe ve muhafazakârlık ortadan kalktıkça, fotoğrafların gözlemleri kaydetmek için en iyi yöntem olduğu kabul edilmişti. 1900'de Princeton Rasathanesi'ndeki bir astronom, fotoğrafı "birçok optik gözlemin en büyük derdi olan kişisel hayal gücü ve önyargılardan bağımsız, kalıcı ve hakiki bir kayıt yöntemi" olarak değerlendiriyordu.

Fotoğraf, gözlemleri doğru ve öznel bir şekilde kaydetmek için eşi bulunmaz bir yöntemdi, ama daha önce görülemeyen nesneleri de algılayabildiği için daha da önemliydi. Bir teleskop, çok uzaktaki bir yıldızla yöneltildiği zaman, teleskobun çapı çok geniş olsa bile, insan gözüne erişen ışık, fark edilemeyecek kadar az olabilir. Ancak gözümüz yerine fotoğraf plakası kullanılırsa, dakikalar hatta saatler boyu ışığı toplayıp bize bir resim verebilir. İnsan gözü; ışığı algılar, işler ve hemen geri bırakır; ardından bu

işlemi tekrar eder. Fakat fotoğraf plakası ışığı sürekli toplar ve zamanla daha güçlü bir görüntü elde eder.

Kısaca insan gözünün sınırlı bir duyarlılığı vardır, geniş çaplı bir teleskop bu duyarlılığı artırır ve aynı teleskoba bir fotoğraf plakası yerleştirilirse bu duyarlılık daha da artar. Örneğin Ülker (Süreyya) yıldız kümesinde çıplak gözle görülebilen yedi yıldız vardır, ancak Galileo teleskobuyla aynı bölgede kırk yedi yıldız görebilmişti. 1880'lerin sonunda Fransız kardeşler Paul ve Prosper Henry, o bölgenin bir fotoğrafını çektiler ve 2,326 yıldız saydılar.

Astronomi'deki fotoğraf devriminin başında, Harvard Koleji Rasathanesi vardı. Rasathanenin müdürü William Cranch Bond, 1850'de Vega yıldızının fotoğrafını çekerek ilk kez bir yıldızın fotoğrafını çekmiş oldu. Aynı zamanda Ay'ın ilk fotoğrafını çeken John Draper'in oğlu Henry Draper, tüm mal varlığını Harvard'a bırakıp görülebilen tüm yıldızların fotoğraflarının çekilmesini vasiyet etti.

Böylece 1877'de rasathanenin müdürü olan Edward Pickering hiç durmadan göklerin fotoğraflarını çekebildi. Sonraki yıllarda rasathane yarım milyon fotoğraf çekekti, bu yüzden Pickering'in en büyük sorunu fotoğrafların analiz edilmesi için seri bir sistem bulmaktı. Her bir fotoğraf plakasında yüzlerce yıldız vardı ve bunların konumlarının bulunup parlaklıklarının ölçülmesi gerekiyordu. *Bilgisayar* olmaları için, Pickering bir grup erkeği işe aldı (Bilgisayar, terimi ilk olarak verileri toplayan ve hesaplamalar yapan insanlar için kullanılmıştı).

Maalesef kısa zaman içinde, ekibinin detaylarla ilgilenmemesi ve konsantrasyon eksikliği yüzünden çileden çıktı. Sabrı tükendiği bir gün, İskoçyalı temizlikçisinin bile daha iyi bir iş yapacağını söyledi. Haklı olduğunu kanıtlamak için sırf erkeklerden kurulu ekibini işten çıkardı, onların yerine kadın bilgisayarları işe aldı ve temizlikçisini onların başına atadı. Pickering'in temizlikçisi Williamina Fleming, Amerika'ya göçmeden önce İskoçya'da bir öğretmendi. Amerika'da hamile kaldıktan sonra kocası onu terk etmiş ve o da temizlikçi olarak çalışmak zorunda kal-



Şekil 43: Harvard “bilgisayarları” iş başında. Edward Pickering ve Williamina Fleming, başlarında onları denetlerken fotoğraf plakalarını inceliyorlar. Arkadaki duvardaki iki grafik, yıldızların değişken parlaklıklarını göstermekte.

mıştı. Şimdi de “Pickering’in Haremi” lakabı takılan bir ekibin başındaydı ve dünyadaki en büyük astronomi fotoğrafları katalogunu inceliyordu.

Pickering’e, kadınları işe alma politikası yüzünden saygı duyulur, ama kadınları işe almasının pratik sebepleri de vardı. Kadınlar erkeklere oranla daha dikkatli ve özenliydi, ayrıca saat başı 50 cent isteyen erkeklere nazaran 25 veya 30 sente çalışmaya razıydılar. Aynı zamanda kadınlar sadece bilgisayar olarak çalışıyor ve kendileri gözlem yapamıyorlardı. Kadınların gözlem yapmalarına izin verilmemesinin sebeplerinden biri teleskopların soğuk ve karanlık rasathanelerde yer alması ve buraların cins-i latif denilen kadınlar için uygun olmamasıydı. Ayrıca Viktorya çağı duyarlılıkları bir adam ve kadının gecenin ilerleyen vakitlerine kadar romantik bir gökyüzünün

altında birlikte çalışmalarına izin vermezdi. Fakat en azından artık kadınlar gece çekilen fotoğrafları inceleyebiliyor ve bugüne kadar dışlandıkları astronomiye katkıda bulunabiliyorlardı.

Her ne kadar Williamina Fleming'in başını çektiği kadın ekip, fotoğraflardan veri elde etme göreviyle yükümlü olsalar da, kısa bir süre sonra onlar da kendi bilimsel tahminlerinde bulunmaya başladılar. İnceledikleri gök cisimlerine hiç durmadan baktıkları için artık yıldızları çok yakından tanıyorlardı.

Örneğin Annie Jump Cannon, 1911 ve 1915 arasında ayda ortalama 5000 yıldız kataloglamıştı ve her birinin konumunu, rengini ve parlaklığını bulmuştu. Yıldızların sınıflandırılması için yeni bir teknik bulmuş ve onları yedi sınıfa ayırmıştı (O, B, A, F, G, K, M,) ². 1925'te Cannon, Oxford Üniversitesinden fahri doktora kazanan ilk kadın oldu. 1931'de Amerika'nın en önemli on iki kadınından biri seçildi ve aynı yıl Amerikan Ulusal Bilim Akademisi'nin prestijli Draper Altın Nişanı'na layık görüldü.

Tıpkı Sefe öncüsü John Goodricke gibi Cannon da çocukken bir havale geçirmiş ve sağır olmuştu. Galiba her ikisi de duyma yetilerini kaybettikten sonra görme duyularını daha da arttırmıştı ve başkalarının göremedikleri detayları görebiliyorlardı. Pickering'in ekibinin en ünlü üyesi Henrietta Leavitt de sağırdı. Büyük Tartışma'yı sonlandıracak bulguları fotoğraf plakalarında fark eden ilk kişi de o olacaktı. Böylece Astronomların nebulalara olan uzaklığı ölçmelerini sağlayacak ve yaptığı keşif, kozmolojiyi derinden etkileyecekti.

Leavitt 1868'de Lancaster Massachusetts'te bir papazın kızı olarak doğmuştu. 1892'de Harvard Üniversitesi'nin Radcliffe Koleji'nden mezun oldu. Sonraki iki sene evinden çıkmadı ve muhtemelen menenjit hastalığından

2. "Oh Be A Fine Guy and Kiss Me"nin (İyi bir erkek ol ve beni öp) baş harflerinden oluşturulmuştur.



Şekil 44: Henrietta Leavitt. Harvard Koleji Rasathanesinde çalışan bir gönüllüken XX. yüzyıl astronomisindeki en önemli başarılarından birine imza atmıştır.

kurtulmaya çabaladı. Bu hastalığın sonucu olarak işitme duyusunu yitirdi. Gücünü tekrar toparladıktan sonra Harvard Rasathanesi'nde gönüllü olarak çalışmaya başladı ve fotoğraf plakalarının içinde değişken yıldızları aramaya koyuldu. Fotoğrafçılık, değişken yıldızları arama işini tamamen değiştirmişti, çünkü artık iki camdan fotoğraf plakası, arka arkaya koyulabilir ve kıyaslanabilirdi. Böylece parlaklıklarında oluşan herhangi bir değişiklik hemen anlaşıldı. Leavitt bu tekniği kullanarak kendi zamanında bilinen değişken yıldızların yarısı olan 2400 değişken yıldız keşfetti.

Farklı türlerdeki değişken yıldızlar arasından Leavitt, özellikle Sefe yıldızlarına ilgi duyuyordu. Aylarca Sefe değişkenlerini ölçüp katalogladıktan sonra, parlak-

lıklarındaki iniş çıkışı neyin belirlediğini öğrenmeyi çok arzuluyordu. Bu gizemi çözebilmek için Sefe değişkenleriyle ilgili elinde bulunan somut verilere yöneldi: değişkenlik süresi ve parlaklığı. Değişkenlik süresiyle parlaklığı arasında bir ilişki olup olmadığını sorguladı, belki de daha parlak yıldızların değişkenlik süreleri de daha uzundu. Fakat maalesef parlaklık verilerine bakarak bir çıkarım yapmak neredeyse imkânsızdı. Örneğin görünüşte sönük bir Sefe değişkeni aslında çok uzaktaki parlak bir yıldız olabilir ve görünüşte çok parlak olan bir Sefe değişkeni de aslında yakındaki sönük bir yıldız olabilirdi.

Astronomlar yıllardır bir yıldızın gerçek parlaklığını değil sadece görünüşteki parlaklığını ölçebildiklerini biliyorlardı, ve bu durumu değiştirmek için ellerinden bir şey gelmiyordu. Fakat Leavitt, ilk olarak XVI. yüzyılda yaşayan kaşif Ferdinand Macellan Güney yarımkürede yaptığı yolculuklarda gözlemlediği için onun adının verildiği, Küçük Macellan Bulutu'nu uzun süre inceledikten sonra büyük bir başarı yakaladı. Küçük Macellan Bulutu sadece Güney yarımküreden görülebildiği için Leavitt, Harvard'ın Güney yarımküredeki Peru istasyonundan gelen fotoğrafları inceledi. Leavitt, Küçük Macellan Bulutu'nun içinde yirmi beş Sefe değişkeni buldu. Dünya'nın Küçük Macellan Bulutu'na olan uzaklığını bilmiyordu ama içindeki Sefe yıldızlarının birbirilerine yakın olduklarını tahmin ediyordu. Yani yirmi beş Sefe değişkeni de birbirlerine yakındı. Leavitt, aradığı şeyi bulmuştu. Küçük Macellan Bulutu'ndaki yıldızların hepsi, hemen hemen aynı uzaklıktaysa, bir Sefe değişkeninin diğerine göre daha parlak olmasının sebebi görünüşte değil, gerçekten daha parlak olması yüzündendir.

Küçük Macellan Bulutu'ndaki yıldızların Dünya'ya eşit mesafede olduğu varsayımı bir hipotezdi ama mantıklı bir hipotezdi. Bu olayı şu örnekle açıklayabiliriz: Gökyüzünde sürü halinde uçan yirmi beş kuş görürseniz, bu kuşların birbirlerine yakın mesafede olduklarını varsayarınız ve bu sürünün içindeki ufak kuşlar gerçekten ufak ol-

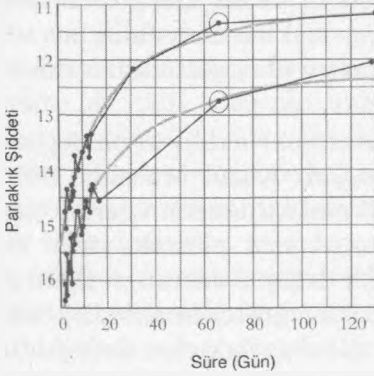
dukları için, büyük kuşlar da gerçekten büyük oldukları için öyle görünürler. Ancak bu yirmi beş kuş gökyüzünde farklı yerlerde bulunurlarsa, gerçekten ufak oldukları için mi yoksa uzakta oldukları için mi ufak göründüklerini bilemezsiniz.

Leavitt, Sefe değişkenlerinin parlaklıklarıyla değişim sürelerini karşılaştırmaya başladı. Küçük Macellan Bulutu'ndaki Sefe değişkenlerinin parlaklıklarının gerçek parlaklıkları olduğu varsayımından yola çıkarak, yirmi beş Sefe değişkeninin de parlaklık-değişim süresi grafiğini çıkardı. Şekil 45'te bu istatistikler gösterilmektedir. Şekil 45(a)'da görebileceğiniz gibi daha parlak olan Sefe yıldızlarının değişim süreci daha uzun, daha sönük olan Sefe yıldızlarının değişim süreçleri ise daha kısaydı. Daha da önemlisi bu istatistiğin düzgün bir eğimde gidiyor olmasıydı. Şekil 45(b)'de aynı veriler farklı değişim süresi ölçüsünde verilmiştir ve burada istatistik çizgisinin daha doğrusal olduğu gözlemlenmektedir. 1912'de Leavitt gözlemlerinin sonucunu açıkladı: "En parlak ve en sönük yıldızın değişim süreleri arasında düz bir çizgi çekilebilir; bu da Sefe değişkenlerinin parlaklığıyla değişim sürelerinin doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir."

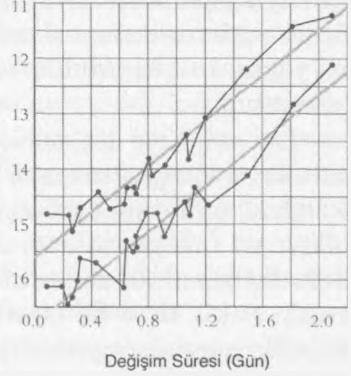
Leavitt, bulduğu bu kuralın evrendeki tüm Sefe yıldızlarına uygulanabileceğinden ve kullandığı grafiğin daha büyük değişim süresi olan Sefe değişkenlerini de kapsadığından emindi. Bu keşif büyük kozmik sonuçlar doğuracak kadar önemliydi, ama "Küçük Macellan Bulutu'ndaki Yirmi beş Değişken Yıldızın Değişim Süreleri" şeklinde çok mütevazı bir başlıkla yayınlandı.

Artık Leavitt'in keşfiyle gökyüzündeki herhangi iki Sefe değişkeni kıyaslanıp Dünya'ya olan uzaklıkları hesaplanabilecekti. Yani gökyüzünün farklı noktalarında iki Sefe yıldızı aynı sürede değişim gösteriyorsa bu onların asıl parlaklıklarının aynı olduğunu gösterir, ve bu yıldızlardan biri diğerine göre 9 kat daha sönük gözüküyorsa o zaman 3 katı daha uzakta demektir. Çünkü parlaklık mesafenin karesiyle azalmaktadır. Aynı şekilde, eşit de-ğişim

(a)



(b)



Şekil 45: Bu iki grafik Henrietta Leavitt'in Küçük Macellan Bulutu'ndaki Sefe değişkenlerini gözlemi göstermektedir. (a) grafiğinde dikey eksenle parlaklık, yatay eksenle süre ile karşılaştırılmıştır. Her nokta bir Sefe değişkenini temsil etmektedir. Grafikteki iki çizginin biri, maksimum parlaklığı; diğeri de minimum parlaklığı göstermektedir.

Daire içindeki Sefe yıldızının değişim süresi 65 gündür ve parlaklığı 11.4 ve 12.8 arasındadır. Noktaların üzerinden düzgün bir çizgi çizilebilir. Her ne kadar bütün noktalar çizginin üstünde yer almasa da yapılmış olabilecek hatalar göz önüne alınırsa grafik doğru kabul edilebilir.

Yıldız parlaklığı, şiddeti oranında ölçülür ve bir yıldız ne kadar parlaksa şiddeti o kadar düşüktür, bu yüzden dikey eksenle değerler 16'dan 11'e kadardır. Yıldız parlaklığı logaritma ölçeğinde hesaplandığı için değişim süresini de aynı logaritma ölçeğinde oluşturursak ortaya (b) grafiği çıkar. Bu grafikte yıldız parlaklığı ile değişim süresinin birbiriyle ilişkisi daha lineer bir şekilde gösterilmektedir.

şim süresine sahip iki Sefe yıldızından biri, diğerine göre 144 kat sönük gözüküyorsa, demek ki 12 kat daha uzaktadır.

Her ne kadar astronomlar Leavitt'in grafiklerini kullanarak Sefelerin birbirlerine olan uzaklıklarını ölçebilse de Dünya'ya olan uzaklıklarını hâlâ bilmiyorlardı. Sadece bir Sefeye olan uzaklık ölçülebilse, ondan hareketle tüm Sefelerin Dünya'ya olan uzaklıkları ölçülebilecekti.

Bu işlemi gerçekleştirecek kesin gözlemler, aralarında Harlow Shapley ve Danimarkalı Ejnar Hertzsprung'un da dahil olduğu bir ekip tarafından yapılacaktı. Bu ekip yıldız paralaksı da dahil olmak üzere bir dizi yöntem kullanarak Leavitt'in hesaplamalarının, evreni ölçmek için bir cetvele dönüşmesini sağladılar.

Kısaca bir astronom, herhangi bir Sefe yıldızının Dünya'ya olan uzaklığını üç adımda hesaplayabilecekti. İlk önce değişim sürecini ölçün ve böylece asıl parlaklığını bulun. İkinci olarak görünüşte ne kadar parlak olduğunu ölçün. Son olarak da asıl parlaklığın, görünürdeki parlaklığa dönüşmesi için ne kadar uzakta olması gerektiğini hesaplayın.

Kabaca bir benzetme yapmak gerekirse, değişen Sefe yıldızlarını deniz fenerleri olarak düşünün. Bir deniz fenerinin parlaklığının dönme süresine bağlı olduğunu (bir Sefe yıldızı gibi), böylece 3kW'lık bir fenerin dakikada üç kere, 5kW'lık bir fenerin de dakikada beş kere döndüğünü varsayalım. Karanlık bir gecede gemisinden dışarı bakan bir denizci de aynı yöntemle kıyıya olan uzaklığını hesaplayabilir. İlk önce fenerin dakikada kaç kere döndüğünü sayar ve deniz fenerinin asıl parlaklığını bulur. Sonra ne kadar parlak görüldüğünü gözlemler, ve son olarak da asıl parlaklığın görünürdeki parlaklığa dönüşmesi için ne kadar uzakta olması gerektiğini hesaplar.

İsveç Bilim Akademisi üyesi Prof. Gösta Mittag-Leffler, Leavitt'in başarısından o kadar çok etkilenmişti ki 1924 yılında onun Nobel'e aday olması için gereken işlemleri başlattı. Fakat, Leavitt'in o yıl hangi bilimsel araştırmalar üzerine çalıştığını merak edince, Leavitt'in üç yıl önce, 12 Aralık 1921'de elli üç yaşındayken kanserden öldüğünü buldu. Leavitt, Avrupa'yı dolaşıp seminerler veren bir astronom değildi; mütevazı bir şekilde astronomi fotoğraflarını inceleyen bir araştırmacıydı ve ölümü de büyük bir yankı uyandırmamıştı. Hak ettiği şöhreti kazanmadan ölmesinin yanında, çalışmalarının Büyük Tartışma'ya olan etkisini de göremeden hayata veda etmişti.

Dev Astronom

Leavitt'in keşfinden yararlanarak Büyük Tartışma'ya bir nokta koyacak olan, yaşadığı çağın en ünlü astronomu Edwin Powell Hubble'dı. 1889'da Missouri'de, John ve Jennie Hubble'ın oğlu olarak Dünya'ya geldi. John bir çiftlik kazasında ciddi bir şekilde yaralanmıştı ve yerel doktorun kızı olan Jennie, sağlığına kavuşması için ona hemşirelik yapmıştı. John o kadar kötü bir durumdaydı ki Jennie onu ilk gördüğü zaman bir daha hiç görmemek istemişti. Fakat John sağlığına kavuştukça ona aşık oldu ve çift 1884'te evlendiler.

Çocukluğunda büyükbabasıyla çok yakın olan Edwin, büyükbabası sekizinci yaş günü için ona bir teleskop yapınca astronomi ile tanışmış oldu. Büyükbabası, Edwin'in gece geç saatlere kadar uyanık kalıp gökyüzüne bakmasına izin vermeleri için ailesini ikna etmişti. Astronomi'ye aşırı bir ilgi duymaya başlayan Edwin, daha lise çağlarında Mars hakkında bir makale yazmış ve yerel gazetelerinde yayınlamıştı.

Hubble, sonrasında Wheaton Kolejinde okumaya başladı ve büyük bir üniversiteyi kazanma hayaliyle yaşadı. Kazanılan üniversitelerin açıklandığı mezuniyet töreninde okul müdürü Hubble'a, "Edwin Hubble, seni dört senedir izliyorum ve on dakikadan fazla çalıştığını hiç görmedim" dedi. Dramatik ve Edwin'i terleten bir duraklamadan sonra devam etti, "Chicago Üniversitesi'ni kazandın."

Hubble, Chicago'da astronomi okumak istiyordu, ancak babası sabit bir gelir getireceği için onun Hukuk okumasında ısrarcıydı. John Hubble gençken çok güçlük çekmiş ve ancak hayatının sonlarına doğru sigorta pazarlamacılığı yaparak düzgün bir maaş alabilmişti. Hubble ailesini saygıdeğer bir orta sınıf ailesine dönüştüren işinden büyük gurur duyuyordu. "Medeniyet için bulduğumuz en iyi tanıma göre, medeni insan herkes için en iyi olanı yaparken vahşi insan, sadece kendisi için en iyi olanı yapar.

Medeniyet insanlığın bencilliğine karşı geliştirilmiş büyük bir sigorta şirkettir.”

Edwin babasını yatıştırmak için resmi olarak hukuk okudu, ama kendi hayallerini de gerçekleştirebilmek için yeterince fizik dersi de aldı. Chicago Üniversitesi Fizik bölümünün başında esir maddesinin olmadığını kanıtlayan ve Nobel alan ilk Amerikalı olan Albert Michelson bulunuyordu. Ayrıca Amerika’da ikinci Nobel Fizik ödülünü alacak olan Robert Millikan da Chicago Üniversitesi’ndeydi. Robert Millikan, Edwin Hubble daha bir lisans öğrencisiyken onu asistanı olarak işe almıştı. Bu kısa ama çok önemli bir ilişkiydi çünkü Millikan, Hubble’ın Oxford Üniversitesinde öğrenimini sürdürebilmesi için gerekli olan Rhodes bursunu almasını sağlayacaktı.

Rhodes bursu, 1903’te, zengin Cecil Rhodes’un ölümünden sonra kurulmuştu. Burs sadece güçlü karakterde ve yüksek zekâlı Amerikalı gençlere veriliyordu. Bursiyerleri seçen George Parker bir keresinde bursun, “Gelecekte ABD başkanı, Yüksek Mahkeme başkanı veya ABD’nin İngiltere büyükelçisi olabileceklere verileceğini” söylüyordu. Millikan, Hubble için yazdığı tavsiye mektubunda “Edwin Hubble son derece güçlü bir fiziğe, kıskanılması gereken bir öğrenime ve saygıdeğer bir kişiliğe sahiptir... Bu bursu almayı Edwin Hubble’dan daha fazla hak eden birini hayatımda çok az gördüm.” diyordu. Amerika’nın en ünlü bilim adamlarından biri kendisini bu şekilde tanıttı. Hubble, Rhodes bursunu kazandı ve 1910 yılının Eylül ayında İngiltere’ye hareket etti. Hubble için tek hayal kırıklığı, babasının dayatmasıyla Oxford’da yine hukuk okuyacak olmasıydı.

Oxford’daki iki yılı boyunca Hubble, tam bir İngiltere hayranı oldu ve İngiliz aristokratları gibi giyinmeye ve konuşmaya başladı. Bir diğer Rhodes bursiyeri olan Warren Ault, İngiltere’deki son zamanlarında onunla karşılaşmış ve neredeyse onu tanıyamamıştı: “İngilizler gibi deri düğmeli bir Norfolk ceketini giyiyordu ve kocaman bir şapka takmıştı. Aynı zamanda elinde bir bastonu vardı ve anla-



Şekil 46: Çağının en büyük gözlemsel astronomu olan Edwin Powell Hubble, piposunu tütürürken.

şılmaz bir aksanla konuşuyordu... İngiltere'deki iki yılı onu, aksanı kadar yapmacık bir İngiliz'e dönüştürmüştü."

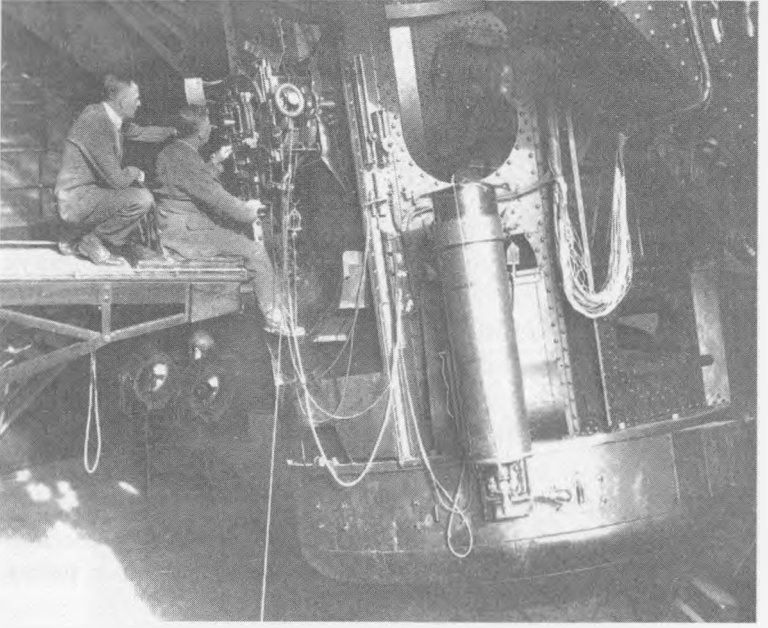
Hubble'ın babası 19 Ocak 1913'te hastalanıp ölünce Hubble'ın İngiltere macerası da sonlandı. Sahte İngiliz aksanı ve kocaman şapkasıyla eve dönüp finansal yatırımları mahvolan ailesine bakmak zorunda kaldı. Hubble, sonraki on sekiz ay boyunca lise öğretmenliği yapmaya ve vakit bulabildiğinde yarı zamanlı olarak hukuki danışmanlık vermeye başladı ve böylece ailesinin finansal durumunu düzeltebildi. Ailesine karşı görevini tamamladıktan ve baskıcı babasından kurtulduktan sonra Hubble, çocukluk hayali olan astronomiyle ilgilenebilirdi. "Astronomi, papazlık gibi bir meslek," diyordu. "Kimse bu işe ilahî

bir çağrı almadan başlamamalı. Ben bu çağrıyı duydum, ve ikinci veya üçüncü sınıf bir astronom olacak olsam bile önemli olanın astronomi olduğunu biliyordum.” Sanki rahmetli babasına dermiş gibi devam ediyordu, “Birinci sınıf bir avukat olmaktansa ikinci sınıf bir astronom olmayı yeğlerim.”

Hubble, hemen hukuk konferanslarında kaybettiği zamanı telafi etmeye ve profesyonel bir astronom olmaya başladı. Chicago Üniversitesi’nde tanıştığı bağlantıları sayesinde, üniversitenin yakınlarındaki Hale’in ilk büyük teleskobunu barındıran Yerkes Rasathanesi’nde yüksek lisans yapmaya başladı. Doktorasını, bazen Almancasını kullanarak *nebeflecken* dediği nebularlar üzerine yaptı. Hubble, tezinin sağlam bir eser olduğunu biliyordu ama ilham verici olmadığını düşünüyordu, “Tezimin insanlık bilgisine kazandırdığı çok bir şey yok. Bir gün bu *nebeflecken*leri yeterince inceleyip bir sonuca varmayı ümit ediyorum.”

Bu amacını gerçekleştirmek için en iyi teleskoplara sahip rasathanede görev alması gerektiğini biliyordu. Astronomlar için en önemli duyu görme duyusudur ve hangi rasathane en iyi teleskoba sahipse orası, en uzağı en berrek şekilde görür. O halde Mount Wilson Rasathanesine gitmeliydi: hâlihazırda 1.5 metre çapında bir teleskopları vardı ve daha da büyük olan 2.5 metre çapındaki teleskobu orada inşa ediyorlardı. Görünüşe göre California rasathanesi Hubble’ın potansiyelini fark etmişti ve ona Kasım 1916’da bir iş teklifinde bulundular. Ancak bu iş beklemek zorundaydı çünkü Amerika, Birinci Dünya Savaşı’na girmişti ve Hubble çok sevdiği İngiltere’yi savunmak için orduya yazıldı. Avrupa’ya vardığında savaş bitmişti ama istila kuvvetlerinin bir parçası olarak Almanya’da dört ay kaldı. Amerika’ya dönüşünü biraz daha geciktirdi ve çok sevdiği İngiltere’yi gezdikten sonra Mount Wilson Rasathanesine, 1919 sonbaharında döndü.

Her ne kadar deneyimsiz ve az tanınmış bir astronom olsa da Hubble, rasathanede kısa zamanda tanındı. 1.5



Şekil 47: 2.5 metrelik Hooker teleskobunun yanında Edwin Hubble (solda). Şekil 48’de teleskobun tamamı gösterilmektedir.

metrelik teleskopla fotoğraf çekerken bir arkadaşı onu şöyle anlatıyor:

“Ağzında piposuyla, uzun sağlıklı silueti gökyüzüne doğru belli oluyordu. Rüzgâr asker montunu vücuduna dolayıp piposundan kıvılcımları döküyordu. Mount Wilson ölçülerine göre o gece, ‘görüş’ çok kısıtlıydı, ama Hubble karanlık odada fotoğraf plakasını tab edince çok sevinçliydi. “Eğer kötü görüş koşulları böyleyse,” diyordu ‘Mount Wilson aletleriyle hep kullanabileceğim fotoğraflar elde edeceğim.’ O gece sergilediği özgüven ve istekle tüm sorunlarını aşabiliyordu. Kendinden emindi, ne istediğini ve bunu nasıl başaracağını biliyordu.”

Konu Büyük Tartışma’ya gelince Hubble, nebulaların bağımsız galaksiler olduğu fikrine daha yakındı. Bu biraz abes bir durumdu çünkü Mount Wilson’daki astronomla-

rın çoğu, Samanyolu'nun evrendeki tek galaksi olduğuna inanıyorlardı. Özellikle Washington'da tek galaksi teorisini savunan Harlow Shapley, yeni gelen Hubble'a dikkatle bakıyor, onun görüşlerini ve davranışlarını ayıplıyordu. Shapley'in mütevazı tavırları, İngiliz aristokrasisini taklit eden, Oxford tüvit ceket giyen ve garip bir aksanla İngilizlere özgü nidalarla bağırarak bu genç adamın tavırlarıyla tamamen zıttı. Hubble ilginin merkezinde olmak istiyordu. Kibriti yakıp parmağıyla havaya fırlatıp 360° çevirdikten sonra tekrar yakalayıp piposunu yakmayı çok seviyordu. Hubble tam bir şovmendi, ama Shapley bunun tam tersine bu tür gösterişlerden hiç hoşlanmazdı. Hepsinden kötüsü, Amerika'nın savaşa girmesine şiddetle karşı çıkan Shapley'e inat Hubble, ısrarla ve Shapley'in gözüne batırırçasına askeri montunu rasathanede giymeye devam ediyordu.

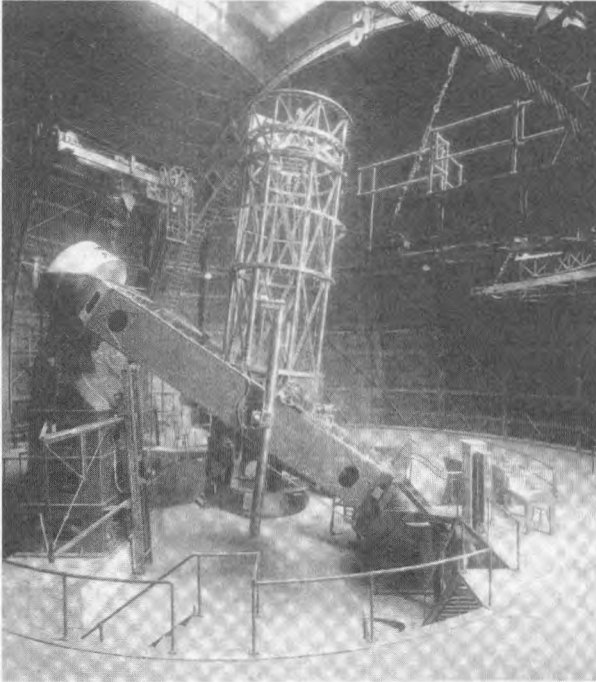
Hubble ve Shapley'nin kişilik çatışmaları, 1921'de Shapley, Harvard Rasathanesi direktörlüğüne atanınca sona erdi. Her ne kadar bu tayin Shapley için gerçekten de bir terfi olsa da Doğu yakasına taşınmak onun için bir felaket oldu. Her ne kadar Hubble'dan kurtulmuş olsa ve prestijli bir rasathanenin direktörlüğüne atansa da, kırk yıl boyunca astronomiye hükmedecek olan bir rasathaneyi bırakıyordu. Mount Wilson, dünyanın en güçlü teleskoplarına sahipti ve astronomideki bir sonraki gelişmeleri yakalayacağı belliydi.

Hubble hiyerarşide yükselmeye başladı ve daha çok teleskop zamanı edinerek nebuların daha çok ve daha iyi fotoğraflarını çekmeye başladı. İsmi ne zaman gözlem listesine konsa Mount Wilson'ın dik ve engebeli patikalarını tırmanır ve Manastır adı verilen, sadece erkeklerin kaldığı ve dış dünyayla bağın koptuğu yerde birkaç gün kalarak gözlem yapardı.

Rasathanedeki hayat; uzun geceler boyu düşüncelere dalmak, huzurlu ve sakin bir hayatmış gibi gelebilir ama aslında çok zor bir işti. Uykusuzlukla boğuşurken astronomlar, saatler boyunca konsantre olmak zorundaydılar.

Işın daha da zor yanı Mount Wilson'da sıcaklık genellikle sıfırın altındaydı, bu yüzden de teleskobun yönünü belirlemek için yapılan hassas değişimler soğuktan buz tutmuş parmaklarla ve kapanan gözlerle yapılmak zorundaydı. Rasathanenin seyir defterinde birkaç uyarı bulunuyordu: “Asla yorgun, uykulu ve üşümüşken teleskobun ve çatının ayarlarıyla hızlı bir şekilde oynamayın.” Sadece en inatçı ve güçlü astronomlar başarılı olabiliyordu. Üstün fizik ve irade güçlerini gösteren astronomlar soğuktan titremelerini bastırıp, evrenin paha biçilmez resimlerini çeken fotoğraf makinelerini titretmiyorlardı.

Mount Wilson'a gelişinden dört yıl sonra, 4 Ekim 1923 gecesinde Hubble, 2.5 metre çapındaki teleskopla gözlem



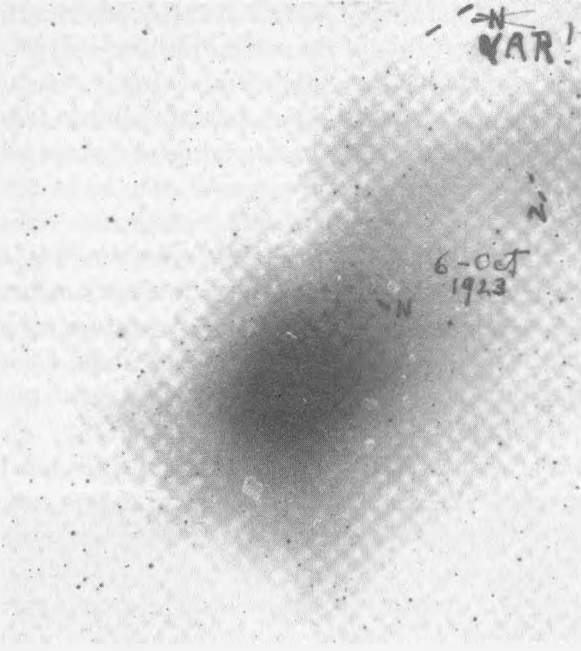
Şekil 48: Mount Wilson Rasathanesi'ndeki 2.5 metrelik Hooker teleskobu. Hubble 1923'teki tarihi gözlemini yaptığı zaman Dünya'daki en güçlü teleskoptu.

yapıyordu. Görüş netliği 1 olarak değerlendirilmişti, bu da en kötü görüş koşuluydu; fakat Hubble Andromeda nebulasının 40 dakikalık bir fotoğrafını çekmeyi başarmıştı. Fotoğrafı tab edip inceledikten sonra nebulanın içinde yeni bir nokta buldu ve bunun bir fotoğraf hatası veya bir nova olduğunu varsaydı. Bir sonraki gece hava çok daha açık olduğu için Andromeda'nın bir fotoğrafını daha çekti ve daha iyi görebilmek için fotoğraf süresine beş dakika daha ekledi. Nokta yine oradaydı ve bu sefer başka iki nova adayı daha ona katılmıştı. Her nova adayının yanına "N" işaretini koydu ve gözlem süresi bitince Pasadena, Santa Barbara sokağındaki ofisine ve fotoğraf plakaları kütüphanesine döndü.

Hubble, elindeki fotoğraf plakalarını önceden kaydedilmiş plakalarla kıyaslayarak gözlemlediği novaların gerçek olup olmadıklarını merak ediyordu. Rasathanenin tüm fotoğraf plakaları depreme dayanıklı bir kasada düzenli bir kayıt altında tutulduğu için, ilgili plakaları bulup novaları teyit etmek kolaydı. Hubble'ın çektiği fotoğraflardaki iki nokta gerçekten novaydı. Fakat daha da iyi bir haber vardı, üçüncü nokta bir nova değil Sefe yıldızıydı. Bu üçüncü yıldız önceki fotoğrafların bazılarında bulunuyor, bazılarında bulunmuyordu ve değişken olduğunu ispatlıyordu. Hubble kariyerinin en büyük keşfini gerçekleştirmişti. Şekil 49'da gösterildiği gibi Hubble, fotoğraftaki N işaretini silip yanına VAR⁶ yazdı.

Bu, bir nebulada keşfedilen ilk Sefe yıldızıydı. Bu keşfin bu kadar önemli olmasının sebebi, Sefe yıldızlarının parlaklıkları ölçülerek uzaklıklarının hesaplanabilir olmasıydı. Böylece Hubble, Andromeda Nebulasına olan uzaklığı ölçerek nebulalar hakkında olan Büyük Tartışma'yı sonlandırabilecekti. Nebulalar, Samanyolu'nun içinde miydi yoksa bağımsız galaksiler miydi? Andromeda Nebulasının içindeki yeni Sefe yıldızı 31.415 günlük bir sürede değişim gösteriyordu. Böylece Hubble, Leavitt'in araş-

6. Değişken anlamına gelen "variable" sözcüğünün kısaltılması.



Şekil 49: 1923 Ekim'inde Hubble Andromeda Nebulasında üç nova adayı gözlemledi ve her birinin yanına N işaretini koydu. Bu nova adaylarından birinin Sefe değişken yıldızı olduğu ortaya çıktı ve N işaretini silerek VAR yazdı. Sefe değişkenlerinin parlaklıkları ölçülerek uzaklıkları hesaplanabileceği için Hubble artık Andromeda Nebula'sının uzaklığını ölçerek Büyük Tartışma'yı sonlandırabilecekti.

tırmalarından yola çıkarak yıldızın gerçek parlaklığını bulabildi. Bu Sefe yıldızının Güneş'ten 7000 kat daha parlak olduğu ortaya çıktı. Asıl parlaklığıyla görünürdeki parlaklığını kıyaslayarak Hubble, Andromeda Nebulası'ndaki bu yıldızın uzaklığını hesaplayabildi.

Sonuç çok şaşırtıcıydı. Sefe yıldızı ve ona bağlı olarak da Andromeda Nebulası Dünya'dan aşağı yukarı 900 000 ışık yılı uzaktaydı.

Samanyolu'nun uzun çapı, kabaca 100 000 ışık yılı uzunluğundaydı, yani Andromeda bizim galaksimizin bir



Şekil 50: Galaksiler artık nebula olarak sınıflandırılmamaktadır, bu yüzden Andromeda Nebulası günümüzde Andromeda galaksisi olarak bilinir. Bu fotoğraf 2000 yılında La Palma Rasathanesinden çekilmiştir. Andromeda'nın milyonlarca yıldızdan oluştuğunu ve bağımsız bir galaksi olduğunu gösterir.

parçası değildi. Ve Andromeda bu kadar uzaktaysa gerçekten çok parlak olmalıydı çünkü çıplak gözle görülebiliyordu. Bu kadar parlak olabilmesi için yüz milyonlarca yıldızın olduğu bir sistem olması gerekiyordu. Andromeda kesinlikle bağımsız bir galaksi olmalıydı. Büyük Tartışma sonlanmıştı. Andromeda Nebulası ve onun gibi birçok nebula artık galaksi olarak tanınmıştı, çünkü Samanyolu kadar eski ve Samanyolu'nun çok ötesindeydiler. Hubble, Curtis'in doğru, Shapley'nin yanlış olduğunu kanıtlamıştı.

Andromeda'ya olan uzaklık o kadar şaşırtıcıydı ki Hubble, daha fazla kanıt toplamadan bir açıklama yapmaya yanaşmadı. Mount Wilson Rasathanesi, evrende tek bir galaksi olduğuna inananlarla doluydu, bu yüzden kendisi-

ni aptal konumuna düşürmek de istemiyordu. İnanılmaz bir disiplin ve sabır örneği göstererek Andromeda'nın başka fotoğraflarını çekmeye devam etti ve ikinci ve daha az parlak bir Sefe yıldızı daha keşfetti. Bu yıldız da Hubble'ın ilk bulgularını doğruluyordu.

En sonunda 1924 Şubat'ında tek galaksi teorisinin savunucusu olan Shapley'e bir mektup yazarak suskunluğunu bozdu. Shapley, Leavitt'e Sefe değişkeni uzaklık skalasını ayarlamasında yardımcı olmuştu ama şimdi bu çalışmaları Büyük Tartışma'daki savunmasını yanlışlıyordu. Shapley, Hubble'ın mektubunu okuduğu zaman "İşte benim evrenimi yerle bir eden mektup bu," demişti.

Shapley, 20 günden uzun değişim süreçleri olan Sefe yıldızları hakkında çok bilgi olmadığını söyleyerek Hubble'ın bulduğu verileri çürütmeye çalıştıysa da başarılı olmadı. Aynı zamanda Hubble'ın Andromeda değişken yıldızlarının, fotoğraf çekme sürecinde oluşabilecek yanlışlıklardan kaynaklanabileceğini de söylüyordu. Hubble gözlemlerinin kusursuz olmadığını biliyordu ama Andromeda'yı Samanyolu'nun içine geri taşıyabilecek bir hata yapmadığından da emindi. Bu yüzden Hubble Andromeda'nın aşağı yukarı 900 000 ışık yılı uzakta olduğundan emindi ve ileride diğer galaksilerin daha da uzakta oldukları ortaya çıkacaktı. Henrietta Leavitt'in araştırdığı Küçük Macellan Bulutu gibi birkaç cüce galaksi bu kuralın istisnasıdır. Günümüzde Küçük Macellan Bulutu'nun Samanyolu galaksisinin çekim gücü içerisindeki bir cüce galaksi olduğu bilinmektedir.

"Nebula" terimi ilk ortaya çıktığı zaman, buluta benzeyen her gökcismi için kullanılıyordu, fakat Hubble'ın keşfinden sonra bu gökcisimlerinin çoğu "galaksi" olarak yeniden adlandırıldı. Ancak birkaç nebula gerçekten de Samanyolu galaksisi içindeki toz ve gaz bulutlarıydı ve sadece bunlara nebula denmeye başlandı. Büyük Tartışma'nın ana sorusu nebuların gaz ve toz bulutu olup olmadıkları değil, evrendeki tek galaksinin Samanyolu olup olmadığıydı. Hubble, Andromeda'nın bir nebula değil baş-

ka bir galaksi olduğunu ispatlayarak bu soruyu açıklığa kavuşturmuştu.

Peki ya 1885'te Andromeda Galaksisi'nde oluşan nova neydi? Shapley, bu novanın parlaklığının Andromeda'nın ayrı bir galaksi olamayacağını kanıtladığını öne sürmüştü, çünkü Andromeda çok uzakta ayrı ve bağımsız bir galaksiyse bu nova inanılmaz ölçülerde parlak olmalıydı. Günümüzde, 1885'teki olayın bir nova değil, süpernova olduğunu ve inanılmaz ölçüde parlak bir olay olduğunu biliyoruz. Bir süpernova, normal bir nova olayından çok daha farklı bir olaydır ve bir yıldız patlayıp yok olduğu zaman gerçekleşir. Yıldız kısa bir süreliğine milyarlarca yıldız parlaklığında parlar ve söner. Süpernovalar çok ender rastlanan olaylardır ve bu özellikleri Büyük Tartışma sırasında bilinmiyordu.

Peki ya Shapley'nin diğer argümanı? Eğer evren galaksilerle doluyorsa, bu galaksiler her yönde mevcut olmalıydılar. Ancak, Samanyolu galaksisinin yukarısında ve aşağısında birçok galaksi gözlenirken Samanyolu galaksisinin düzleminde (yıldızların en yoğun şekilde bulunduğu disk şeklindeki katman) çok az galaksiye rastlanıyordu ve bu yüzden bu bölgeye *sakınma çemberi* denmişti. Günümüzde Curtis'in haklı olduğunu ve *sakınma çemberinin* Samanyolu'nun düzlemindeki yıldız yoğunluğu ve yıldızlar arası tozdan kaynaklandığını biliyoruz. Modern teleskoplar bu toz katmanını delerek arkasındaki galaksileri gözlemleyebilmişlerdir.

Hubble'ın keşfi duyuldukça meslektaşları, astronominin en uzun süreli tartışmalarından birini noktaladığı için onu tebrik etmeye başladılar. Princeton Rasathanesi direktörü Henry Norris Russell, Hubble'a yazdığı bir mektubunda "Çok değerli bir çalışma gerçekleştirmişsiniz ve bu çalışmanın size kazandıracığı her şeyi fazlasıyla hak ediyorsunuz. Çalışmalarınızı ne zaman detaylı olarak açıklayacaksınız?" diye soruyordu.

Hubble çalışmalarını 1924 Amerikan Bilim ve Gelişme Derneği'nin toplantısında açıkladı ve 1000 dolarlık en

iyi makale ödölünü Lemuel Cleveland ile birlikte paylaştı. Amerikan Astronomi Topluluğu Konseyi'nin yazdığı bir mektup, Hubble'ın keşfini şöyle değerlendırıyordu: “Daha önce keşfedilmeye açık olmayan yeni bölgelerin varlığını kanıtlamış ve yakın gelecekte daha da büyük gelişmelere imkân tanımıştır. Bu arada bildiğimiz evrenin boyutlarını yüzlerce kat artırmış, spiral nebuların bizim galaksimiz gibi olduklarını göstermiştir.”

Tek bir fotoğraf plakasında yakaladığı bir gözlemle Hubble, evren tasavvurumuzu değiştirmiş ve evrendeki yerimizi yeniden sorgulamamıza neden olmuştur. Ufacık olan Dünyamız artık eskisinden de küçülmüştü ve önemsizleşmişti. Birçok galaksinin içindeki milyarlarca yıldızın çevresinde yörüngede olan birçok gezegenden sadece biriydi. Aynı zamanda evrenimizin ölçęi de değişmişti. Shapley, evrendeki tüm maddenin disk şeklindeki ve 100 000 ışık yılı çapındaki Samanyolu galaksisinde toplandığını savunmuştu, ama Hubble bir milyon ışık yılından daha uzak mesafelerde galaksiler olduğunu ispatladı. Günümüzde milyarlarca ışık yılı uzakta olan galaksilerin varlığını biliyoruz.

Astronomlar, gezegenler ve güneş arasındaki büyük boşluğu biliyorlardı. Samanyolu galaksisinin içindeki yıldızların arasında bulunan daha da büyük boşluğu da biliyorlardı ama artık galaksiler arasında bulunan dev boşluğu da düşünmek zorundaydılar. Hubble, gözlemlerinden yola çıkarak, evrendeki tüm madde eşit şekilde dağıtılsa bin Dünya büyüklüğündeki bir hacimde sadece 1 gram madde olacağını buldu. Bu da bizim genellikle bomboş olan bir evrenin çok yoğun bir bölgesinde yaşadığımızı gösterir. “Evren çoğunlukla boş olduğu için, hiçbir gezegen veya yıldız sıradan olamaz,” diyordu astronom Carl Sagan, “Sıradan olan tek yer sınırsız, soğuk boşluk; hiç bitmeyen gecesiyle galaksiler arasında uzanan uzaydır. O kadar garip ve ıssız bir yerdir ki uzay, yıldızlar ve gezegenler aklın hayalin alamayacağı kadar nadir ve hoştur- lar.”

Hubble'ın hesaplarının sonuçları gerçekten sansasyoneldi ve Hubble bir anda gazetelerin ve sokaktaki tartışmaların konusu haline geldi. Bir gazete ona “dev astronom” lakabını takmıştı. Yurt içinde ve yurt dışında birçok ödül kazandı ve meslektaşlarının övgülerine mahzar oldu. Oxford Üniversitesi Astronomi Profesörü Herbert Turner, Hubble hakkında şöyle düşünüyordu: “Edwin gerçekleştirdiği şeyin önemini yıllar sonra anlayabilecektir. Bu tür bir başarı sadece çok şanslı insanların, ömründe bir kere yakalayabileceği bir şeydir.”

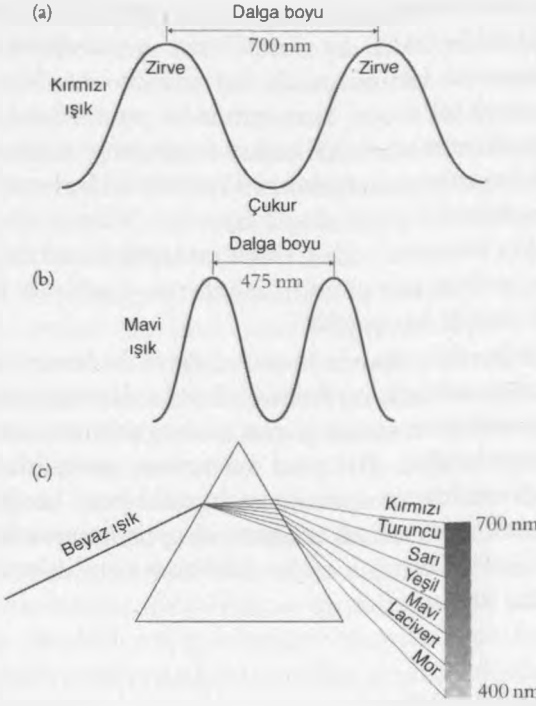
Ancak ileriki yıllarda Hubble, daha da önemli bir gözlemle astronominin temellerini tekrar sallayacak ve astronomlara sonsuz ve statik evren tasavvurlarını tekrardan gözden geçirecekti. Bu yeni başarısını gerçekleştirebilmek için öncelikle *spektroskop* adındaki yeni bir buluştan faydalanmak zorundaydı. Spektroskop, astronomların yıldızlardan gelen en ufak ışığın bile tüm özelliklerini öğrenebilmesini sağlıyordu.

Hareketli Dünya

1842’de Fransız filozof Auguste Comte, bilimsel yaklaşımın hiçbir zaman ulaşamayacağı bilgileri sınıflandırmaya çalıştı. Örneğin yıldızların bazı özelliklerinin hiçbir zaman bilinemeyeceğini savundu: “Şekillerini, uzaklıklarını, kütlelerini ve hareketlerini nasıl öğrenebileceğimizi biliyoruz; ancak kimyasal veya mineral yapıları hakkında bir şey öğrenemeyiz.”

Comte’un haksız olduğu, öldükten hemen iki yıl sonra belli olacaktı. Bilim adamları bize en yakın yıldız olan Güneş’te hangi atomların olduğunu bulmaya başlamışlardı bile. Astronomların yıldızların kimyasal değerlerini nasıl anladığını görmeden önce basit bir şekilde ışığın doğasını öğrenmemiz gerekir. Özellikle üç nokta önemlidir.

Öncelikle fizikçiler ışığı elektrik ve manyetik alanların bir dalgalanması olarak görürler ve ışık gibi radyasyon



Şekil 51: Işık bir dalga olarak düşünülebilir. Bir ışığın dalgaboyu iki ardıl dalga zirvesi arasındaki aralıktır ve bize ışık dalgası hakkında bilmek istediğimiz her şeyi anlatır. Dalga boyu özellikle ışığın rengini ve enerjisini belirler. Şekil (a)'da daha uzun dalga boyu ve daha az enerjiye sahip olan kırmızı ışığın dalga boyu gösterilmektedir. Şekil (b)'de daha kısa dalga boyu ve daha yüksek enerjiye sahip olan mavi ışığın dalga boyu gösterilmektedir. Görünen ışıkların dalga boyları milimetrenin binde birinden daha düşüktür. Mor ışığın dalga boyu 0.0004 mm, kırmızı ışığın dalga boyu da 0.0007 mm'dir. Genellikle ışığın dalga boyu nanometre (nm) ile ölçülür; 1 nm metrenin milyarda biridir. Kırmızı ışığın dalga boyu aşağı yukarı 700 nm'dir.

Mavi ışıktan daha kısa (ultraviyole ışınları ve röntgen ışınları) ve kırmızı ışıktan daha uzun (kızılötesi ve mikrodalga ışınları) dalga boyuna sahip ışık dalgaları da bulunmaktadır, ancak bunlar gözle görünemezler.

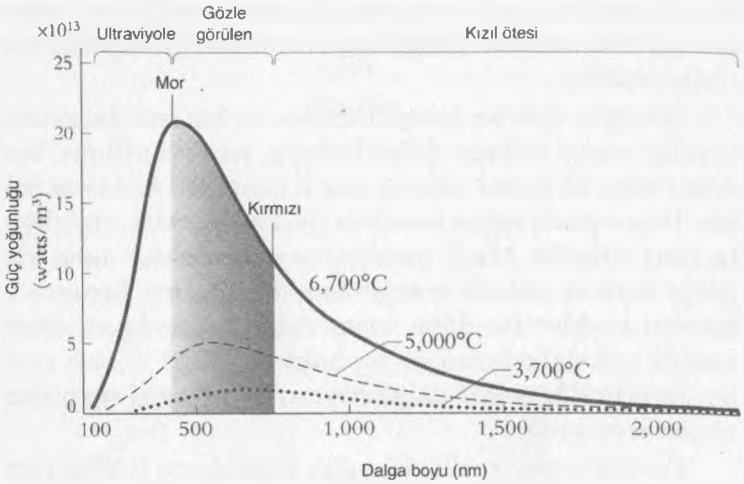
Beyaz bir ışık hüzmesi renkler ve dalga boylarının karışımından oluşur. Bu dalga boyları ve renkler Şekil (c)'de gösterildiği gibi bir prizmadan geçince ayrışır. Her rengin dalga boyu prizmaya girince farklı bir açıdan büküldüğü için görünür hale gelir.

ışımalarına *elektromanyetik radyasyon* adını verirler. İkincil olarak ve daha sade bir şekilde anlatırsak ışığı bir dalga olarak düşünebiliriz. Üçüncü önemli nokta ise bir ışık dalgasındaki iki komşu uç noktanın arasındaki mesafeye dalga boyu, ışık hakkında bilmek istediğimiz hemen her şeyi bize anlatır. Dalga boyu örnekleri Şekil 51’de gösterilmektedir.

Örneğin, ışık bir enerji türüdür ve bir ışık dalgasının taşıdığı enerji miktarı dalga boyuyla ters orantılıdır. Yani dalga boyu ne kadar uzunsa ışığın enerjisi o kadar düşüktür. İnsan gözü, ışığın enerji seviyesini renkler aracılığıyla ayırt edebilir. Mavi, lacivert ve mor renkler daha kısa dalga boyu ve yüksek enerjili ışık dalgalarını; turuncu ve kırmızı renkler ise daha uzun dalga boyunda ve düşük enerjili ışık dalgalarını göstermektedir. Yeşil ve sarı renkler ise orta düzeydeki dalga boylarını ve enerji seviyelerini göstermektedir.

Özellikle mor renkteki ışığın dalga boyu 0.0004 mm., kırmızı ışığın dalga boyu 0.0007 mm.’dir. Daha uzun ve kısa seviyede dalga boyları da mevcuttur ama insan gözleri bunları algılayabilecek kadar gelişmemiştir. Birçok insan “ışık” kelimesiyle algılayabildiğimiz dalga boylarını tanımlamaktadır, ancak bilim adamları insan gözüyle görülebilen veya görülemeyen tüm elektro manyetik ışımlar için bu kelimeyi kullanmaktadırlar. Daha kısa dalga boylarındaki ve yüksek enerjideki ışıklara örnek olarak ultraviyole veya röntgen ışınları verilebilir. Daha uzun dalga boyunda ve düşük enerjideki ışıklara örnek olarak da kızıl ötesi ışımlar ve mikrodalga ışınları verilebilir.

Astronomlar için bu olayın önemi yıldızların ışık saçması ve yıldızların yaydığı ışınlar incelenerek bu yıldızlar hakkında, sıcaklıkları gibi önemli şeyler öğrenebilecek olmamızdır. Örneğin, bir nesne 500°C sıcaklığa eriştiği zaman kırmızı ışık yaymaya başlar ve kızıl kor sıcaklığa erişir. Sıcaklık arttıkça nesnenin enerjisi de artar ve daha yüksek enerji seviyesindeki ve kısa dalga boyundaki mavi dalgaları da yaymaya başlar, böylece kızıl kor sıcaklıktan

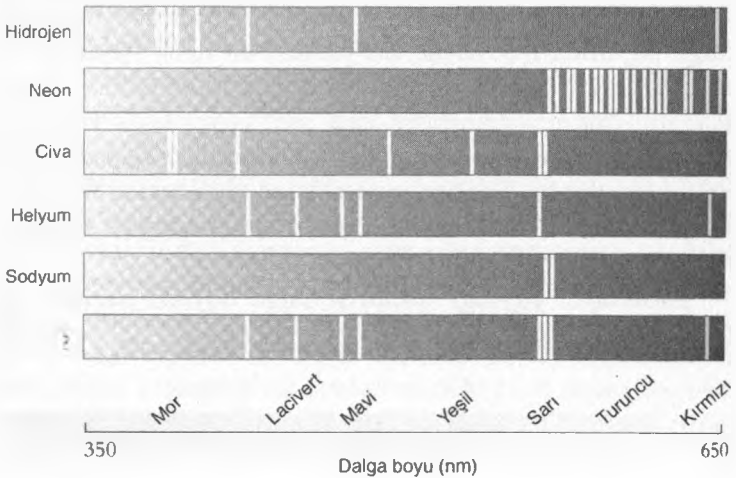


Şekil 52: Bu grafikte farklı yüzey sıcaklıklarındaki üç yıldızın yaydığı dalga boyları gösterilmektedir. En üstteki çizgi yüzey sıcaklığı 6700°C olan bir yıldızın ışınlarının dalga boylarını göstermektedir. En çok mavi ve mor dalga boyundaki ışınları yaymaktadır ama diğer dalga boylarında ışınları da yaymaktadır. Bu yıldız aynı zamanda az yoğunlukta kızıl ötesi ve yüksek yoğunlukta ultraviyole ışınlar da saçmaktadır. Ortadaki çizgi yüzey sıcaklığı 5000°C olan daha düşük bir sıcaklıktaki yıldız yaydığı ışınları göstermekte. İnsan gözünün görebileceği ışık spektrumunun ortasında en yüksek yoğunluğu yaşamaktadır, bu yüzden yıldız bir çok farklı rengi yaymaktadır. En alttaki çizgide ise daha da soğuk bir yıldızın (3700°C) yaydığı dalga boyları gösterilmektedir. Dalga boylarının dağılımı daha düşük enerji seviyesindeki uzun dalga boylarında tavan yapmaktadır. Bu yıldız kırmızı-turuncu bir renkte görünür.

Dünya'daki bir astronom, bir yıldızın yaydığı dalga boylarına bakarak, yıldızın sıcaklığını ölçebilir. Dalga boyu dağılımı sıcaklığının bir göstergesidir. Bir yıldız ne kadar soğuksa dalga boyunda o kadar uzun ışık saçarak kırmızı görünür, ne kadar sıcaksa dalga boyunda o kadar kısa ışık saçarak mavi görünür.

akkor sıcaklığa geçer, çünkü maviden kırmızıya birçok dalga boyunu yaymaya başlamıştır. Normal bir ampulün içindeki sıcaklık 3000°C olduğu için akkor seviyesindedir ve beyaz ışık yayar. Astronomlar, yıldızların ışınlarının renklerini ve dalga boylarını değerlendirerek onların sıcaklıklarını ölçebileceklerini buldular. Şekil 52'de farklı yüzey sıcaklıklarındaki yıldızların yaydıkları ışınların dalga boyları gösterilmektedir.

Bir yıldızın sıcaklığını ölçmenin yanında astronomlar, yıldızın yaydığı ışınları analiz ederek yıldızın içerdiği atomları da bulmayı keşfettiler. Astronomların kullandığı teknik, İskoç fizikçi Thomas Melvill'in 1752'de yaptığı bir gözleme dayanmaktadır. Melvill birçok maddeyi yakarak her birinin farklı renkler çıkardığını gördü. Örneğin sofr



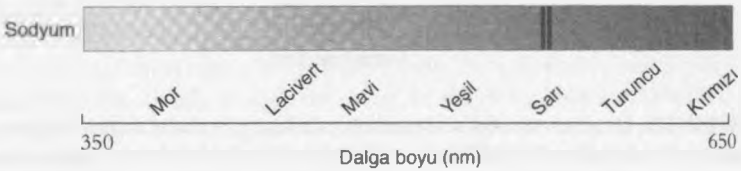
Şekil 53: Beşinci sırada sodyumun yaydığı, görünen dalga boyları gösterilmektedir. 0.000589 mm (589 nm)'de iki baskın dalga boyu vardır ve bunlar da turuncu renge tekabül etmektedirler. Bu grafik sodyumun bir anlamda parmak izidir. Gerçekten de her atom farklı dalga boylarında ışık saçar ve bunlar da atomun parmak izi gibidir. En alttaki çizelge bilinmeyen bir gazın yaydığı dalga boylarıdır. Diğer atomların yaydıkları dalga boylarıyla karşılaştırarak bu gazın içinde helyum ve sodyum atomları olduğunu söyleyebiliriz.

tuzunu yaktığı zaman parlak turuncu bir renk verdiğini keşfetti. Siz de yanan bir gaz ocağına tuz serperseniz turuncu bir renk vereceğini görebilirsiniz.

Tuzun yaydığı bu renk atom yapısıyla ilgilidir. Sodyum klorür olarak da bilinen tuzun, turuncu ışık yaymasının sebebi içindeki sodyum atomlarıdır. Sodyum atomları yakıldığı zaman turuncu bir renk verir, sodyumdan yapılan sokak lambalarının turuncu bir renk vermesinin sebebi de budur. Şekil 53'te gösterildiği gibi bir prizmada, ışığı sodyum atomlarından geçirerek incellerseniz, en baskın iki dalga boyunun, spektrumun turuncu bölgesinde olduğunu keşfedersiniz.

Atomik yapılarına göre her bir atom farklı dalga boyunda (ve renkte) ışık saçar. Sodyum dışındaki birkaç atomun da yaydığı dalga boyları Şekil 53'te gösterilmektedir. Neon atomları, spektrumun kırmızıya yakın bölgesindeki dalga boyunda ışık saçar, bu yüzden de neon ışıkları kırmızı renktedir. Diğer yandan cıva daha mavi ışıklar saçar. Işıklandırma uzmanlarının yanı sıra havai fişek yapımcıları da atomların yaydığı ışıklarla ilgilenirler ve yaratmak istedikleri ışıklar için farklı maddeler kullanırlar. Örneğin baryum içeren havai fişekler yeşil ışık saçarken stronsiyum içeren havai fişekler kırmızı ışık saçar.

Atomların yaydığı ışıkların dalga boyları parmak izi gibidir. Bu yüzden sıcak bir nesnenin yaydığı dalga boyla-



Şekil 54: Spektroskopik soğurma, spektroskopik emisyon sürecinin tam tersidir. Sodyumun bu soğurma grafiği Şekil 53'tekiyle aynıdır ancak gri üzerine beyaz değil siyahtır çünkü burada sodyum tarafından soğurulmuş iki dalga boyu hariç tüm dalga boylarını görebilmekteyiz.

rı incelenerek içerdiği atomlar öğrenilebilir. Şekil 33'te en aşağıda gösterilen gazın içerdiği atomlar bilinmemektedir, fakat yaydığı dalga boylarını diğer atomların dalga boylarıyla karşılaştırarak içeriğinin helyum ve sodyum olduğunu anlayabiliriz.

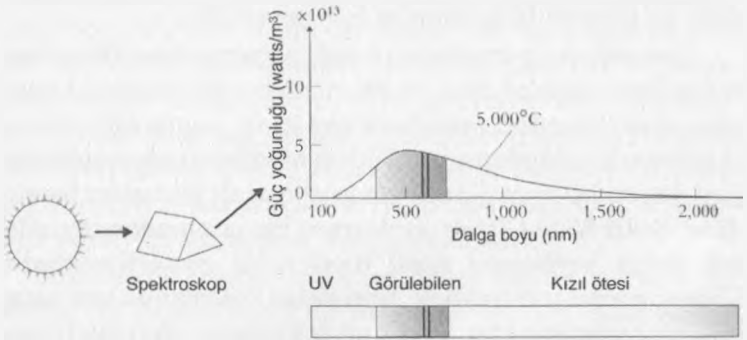
Atomları, dalga boylarını, ışığı ve renklerini inceleyen bu bilim dalına *spektroskopi* denmektedir. Bir maddenin ışık yayma işlemine spektroskopik emisyon denir. Bu işlemin zıddına da spektroskopik *soğurma* denmektedir ve bir atom belirli dalga boylarındaki ışığı emdiği zaman gerçekleşir. Gaz halindeki bir tuzun içinde farklı dalga boylarındaki ışık hüzmeleri geçtiği zaman, ışığın çoğu hiç etkilenmeden tuz buharının içinden geçecektir, ancak sodyum atomları ışığın içindeki bazı dalga boylarını soğuracaktır. Soğurulan dalga boyları, sodyumun ısıtıldığı zaman yaydığı dalga boylarıyla aynıdır. Emisyon ve soğurma arasındaki bu simetri tüm atomlar için geçerlidir.

Gerçekten de maddelerin ışığı soğurma özellikleri astronomların ilgisini çekti ve bu yüzden spektroskopi kimya laboratuvarlarından rasathanelere girdi. Işığın soğurulması işleminin yıldızların içerdikleri maddeleri gösterebileceğini düşündüler ve Güneş'ten başlayarak yıldızları incelediler. Şekil 55'te Güneş ışınlarının bir prizmadan geçirilerek dalga boylarının nasıl incelendiği gösterilmektedir. Güneş, görünür düzeydeki tüm dalga boylarında ışık saçabilecek kadar sıcaktır, ancak on dokuzuncu yüzyılın başındaki bilim adamları bu spektrumdaki bazı dalga boylarının eksik olduğunu gözlemledi. Bu dalga boyları güneş spektrumunda siyah çizgiler olarak kalıyordu. Bilim adamları kısa sürede kaybolan dalga boylarının Güneş'in atmosferindeki atomlar tarafından soğurulduğunu anladı. Gerçekten de güneş ışınlarının spektrumunda olmayan dalga boylarını inceleyerek Güneş'in atmosferindeki atomlar öğrenilebilir.

Her ne kadar işin çoğunu Alman optik uzmanı Joseph von Fraunhofer yapmış olsa da en önemli incelemeleri, 1859 yılında Robert Bunsen ve Gustav Kirchhoff yaptı.

İkili, birlikte bir nesnenin yaydığı ışık dalga boylarını doğru bir şekilde ölçmek için dizayn edilmiş bir spektroskop ürettiler. Ürettikleri bu aletle Güneş ışınlarını incelediler ve sodyumun yaydığı dalga boylarının Güneş ışınlarında olmadığını keşfettiler. Böylelikle de Güneş'in atmosferinde sodyum olduğu kanısına vardılar.

“Şu anda Kirchhoff ve ben öyle bir işle uğraşıyoruz ki uyuyamıyoruz bile”, diye yazıyordu Bunsen. “Kirchhoff, Güneş spektrumundaki siyah çizgilerin neden kaynaklandığına dair muhteşem bir keşif yaptı... Böylelikle tıpkı kimyasallarla sülfürik asit ve klor gibi maddelerin atomlarını öğrendiğimiz gibi Güneş'i ve yıldızları oluşturan atomları öğrenebileceğiz.” Böylelikle insanların asla yıldızların içeriğini öğrenemeyeceğini iddia eden Comte yanıltılmış oldu.



Şekil 55: Güneş, kızıl ötesi, ultraviyole, ve mordan kırmızıya kadar tüm dalga boylarında ışık saçabilecek denli sıcaktır. Güneş ışığı bir prizmadan geçirildiği zaman görünebilen tüm dalga boylarındaki ışıkları birbirlerinden ayırılır. Grafikte Güneş'in yayması gereken dalga boyu dağılımı gösterilmektedir, ancak iki dalga boyu eksik olduğu için siyah çizgilerle gösterilmiştir. Grafiğin altındaki dalga boyu şeması da astronomların fotoğrafik plakalarında gördükleri soğurma çizgilerini göstermektedir. Elbette gerçek fotoğrafik plakalarda bu çizgiler çok daha belirsizdir. Güneş ışınlarının spektrumda incelenmesi sonucu birçok dalga boyunun eksik olduğu gözlemlenmiştir, böylelikle de Güneş'in içerdiği atomların tanımlanabilmesi mümkün olmuştur.

Kirchhoff ardından Güneş'in atmosferinde ağır metaller gibi başka atomları da aramaya koyuldu. Kirchhoff'un banka müdürü onun bu çalışmalarının boşuna olduğunu düşünüyor ve "Dünya'ya getiremedikten sonra Güneş'te altın olsa ne işe yarar" diyordu. Yıllar sonra yaptığı araştırmalar için kendisi bir altın madalya ile ödüllendirilince Kirchhoff dar kafalı banka müdürünü tekrar ziyaret etti ve "İşte Güneş'ten gelen altın," dedi.

Yıldız spektroskopisi tekniği o kadar güçlüydü ki 1868'de İngiliz Norman Lockyer ve Fransız Jules Janssen, daha Dünya'da keşfedilmemiş olan bir atomu Güneş'te keşfettiler. Güneş spektrumunda, Dünya'daki hiçbir atomla uyuşmayan bir soğurma çizgisi keşfettiler. Hiçbir atomun çizgisine uymadığı için bu olayı, yeni bir atomla karşılaştıklarının bir kanıtı olarak gördüler. Yeni atomu Yunan Güneş tanrısı Helios'un ardından, Helyum olarak adlandırdılar. Her ne kadar helyum Güneş'in kütlelerinin çeyreğini oluştursa da Dünya'da çok nadir rastlanır. Lockyer'in keşfinden ancak yirmi beş yıl sonra helyum, Dünya'da keşfedilecekti.

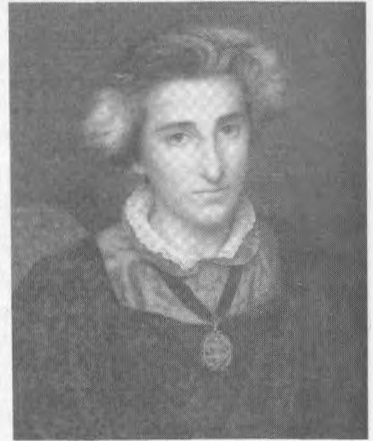
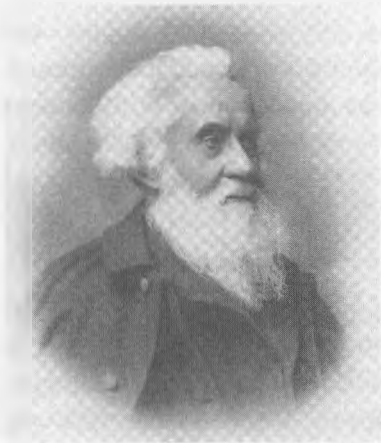
Spektroskopi'nin gücünün farkına varan bir diğer bilim adamı da William Huggins'di. Gençliğinde, babadan kalma kumaşçılık işini sürdürmek zorunda kalmıştı. Ancak sonrasında kumaşçı dükkanını satarak bilim adamı olma hayalini gerçekleştirmeye karar verdi ve dükkanın parasıyla şu anda Londra'nın varoşu olan Yüksek Tulse Tepesinde bir rasathane inşa etti. Huggins, Bunsen ve Kirchhoff'un spektroskopi keşfini duyduğu zaman çok sevinmişti ve "Bu haber benim için çölde giderken vaha bulmak gibi sevindirici", demişti.

1860'larda Güneş'in dışındaki yıldızlara da spektroskopi uyguladı ve onların da Dünya'daki elementlerden meydana geldiklerini ortaya çıkardı. Örneğin, Betelgeuse yıldızının spektrumunda sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir ve bizmut elementlerinin soğurma çizgilerine rastlamıştır. Antik filozoflar, yıldızların hava, su, toprak ve ateş dışında bir beşinci elementten yaratıldıklarını düşü-

nüyorlardı. Ama Huggins, Betelgeuse'ın ve muhtemelen tüm yıldızların Dünya'da bulunan elementlerden oluştuğunu kanıtlamıştı. Sonuç olarak Huggins; "Yaptığımız spektroskopi gözlemlerinin orijinal bir sonucu olarak Dünya'da bulunan elementlerin tüm evrende aynı şekilde bulunduklarını kanıtlamış durumdayız; tüm evren aynı fizik ve kimya kurallarıyla işlemektedir", diyordu.

Huggins, eşi Margaret ve köpeği Kepler'le birlikte ömrü boyunca yıldızları incelemeye devam etti. Margaret Huggins kendi çapında iyi bir astronomdu ve kocasından yirmi dört yaş daha küçüktü. Bu yüzden William Huggins, seksen dört yaşına geldiği zaman teleskobunun ayarlarını yapması için daha altmış yaşında olan karısına güveniyordu. Margaret Huggins; "Astronomların lastik gibi eklemeleri olması gerekiyor", diyerek yaptığı işin zorluğundan şikayet etse de eşiyle birlikte spektroskopinin farklı bir kullanımını da bulmuştur. Bir yıldızın içeriğinin yanı sıra spektroskopiye kullanarak yıldızın hızını da ölçmeyi başardılar.

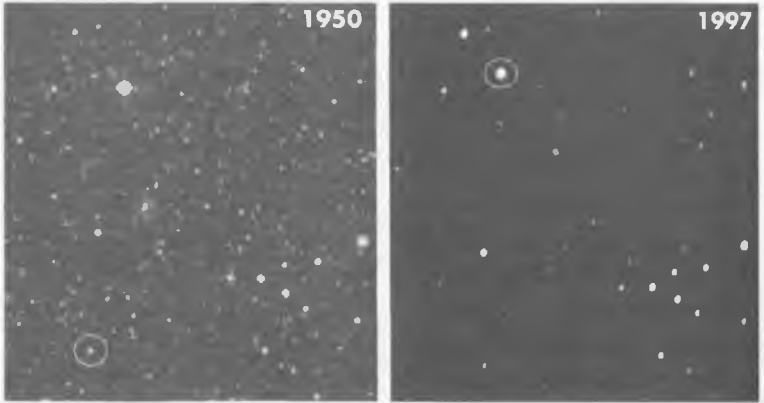
Galileo'dan sonraki astronomlar yıldızların sabit olduklarını düşünüyorlardı. Her ne kadar yıldızlar gece



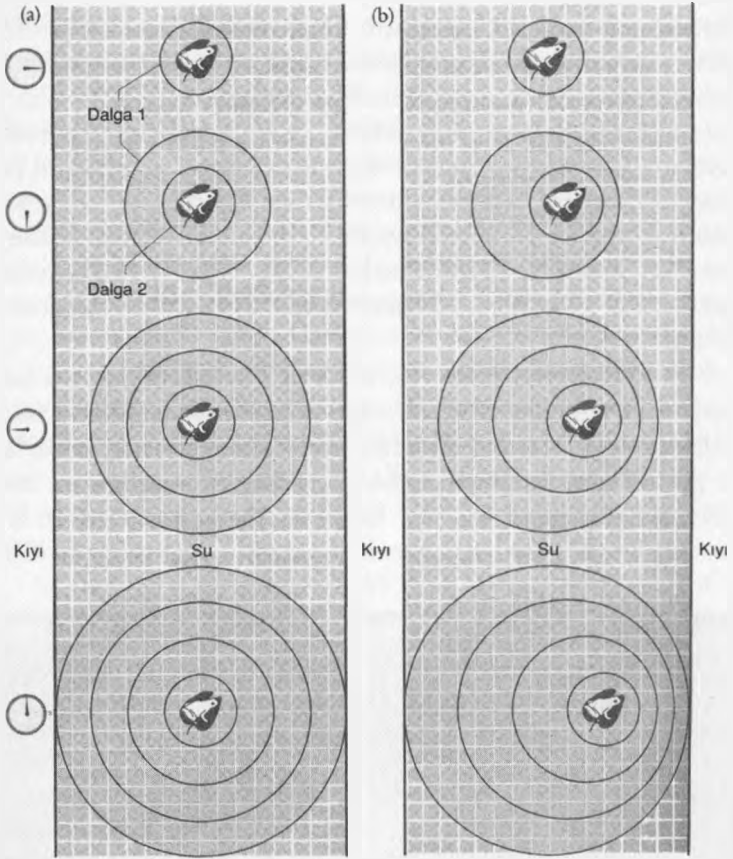
Şekil 56: Bay ve Bayan Huggins, spektroskopiye astronomide kullanarak yıldızların hızını ölçmeye başlamışlardı.

gökyüzünde hareket ediyor olsalar da bu hareketin Dünya'nın kendi ekseninde dönmesi sonucu olduğunu düşünüyorlardı. Daha da önemlisi yıldızların konumlarının birbirlerine göre sabit olduğunu düşünüyorlardı. 1718'de İngiliz astronom Edmund Halley, bunun doğru olmadığını kanıtladı. Dünya'nın hareketini hesaba kattıktan sonra bile yıldızların konumlarındaki ufak değişiklikleri görebiliyordu. Özellikle yüzyıllar önce Batlamyus tarafından Sirius, Arcturus ve Procyon yıldızlarının kaydedilmiş konumlarının az da olsa değiştiklerini fark etmişti. Halley, bu değişimlerin ölçüm hatalarından kaynaklanmadığını, gerçekten yıldızların konumlarında değişimler olduğunu gözlemledi.

Sonsuz hassaslıkta ölçüm aletleri ve teleskoplarla astronomlar, yıldızların hareketini kolaylıkla ölçebilirler, ancak pratikte yıldızlar o kadar yavaş hareket etmektedirler ki geçmişe nazaran çok daha güçlü aletlere sahip olan modern astronomlar bile bu hareketi ölçmekte zorlanırlar. Genellikle bir yıldızın hareketini, yıllarca onu izleyerek



Şekil 57: Barnard yıldızı (daire içindeki) Güneş sistemimize en yakın ikinci yıldızdır ve gözlemlenebilen en yüksek hıza sahiptir. Her yıl gökyüzünde 10 ark saniye hızla yer değiştirir. Bu iki resim neredeyse yarım yüzyıl arayla çekilmiştir ve yıldızın diğer yıldızlara göre açık bir şekilde yer değiştirdiğini göstermektedir.



Şekil 58: Bir nilüfer yaprağı üzerindeki kurbağa her saniye birbirlerinden bir metre uzaklıkta dalgalar yayıyor. (a) sütununda gösterildiği gibi kurbağa sabitken her iki kıyıdaki gözlemciler dalgaların birer metre arayla kıyıya vurduğunu görürler. Ancak kurbağa sütun (b)'deki gibi sağ taraftaki kıyıya saniyede 0.5 metre sabit hızıyla yaklaşırsa, gözlemciler farklı şeyler görmeye başlar. Kurbağanın hareket ettiği yönde dalgalar birbirlerine yaklaşırken diğer yönde dalgalar birbirlerinden ayrılır. Bu olay Doppler etkisinin çok açık bir örneğidir.

gözlemleyebiliriz. Hatta Güneş'e en yakın yıldızların hareketlerini bile yıllarca yapılan gözlemler sonucu fark edebilmekteyiz. Gökyüzündeki yıldızların konumlarının değişimini ölçmenin bir diğer zorluğu, Dünya'ya yaklaşmalarının veya uzaklaşmalarının gözlemle ölçülemez olmasıdır.

Ancak William Huggins, spektroskopiyi kullanarak yıldız hareketlerini doğru bir şekilde hesaplayabileceğini düşündü. Yeni bulduğu spektroskopi tekniği sayesinde en uzak yıldızların bile hareketlerini ölçebiliyordu. Huggins'in bulduğu bu teknik Avusturyalı fizikçi Christian Doppler'in keşfettiği bir fizik kuralına dayanıyordu.

1842'de Doppler, bir nesnenin hareketinin aynı nesnenin yaydığı bütün dalgaları da (ses, ışık veya su dalgalarını) etkileyeceğini ilan etti. Bu Doppler etkisini daha iyi anlayabilmek için ufak bir gölette bir nergis yaprağının üzerine uzanmış bir kurbağa hayal edin. Kurbağa, Şekil 58'de gösterildiği gibi her saniye ayağını suya daldırarak birbirinden bir metre arayla ve saniyede bir metre hızla hareket eden dalgalar yaratsın. Kurbağaya kuş bakışı bir konumdan bakacak olursak ve nilüfer yaprağı kımıldamazsa dalgaları simetrik bir şekilde görürüz.

Fakat sütun (b)'de gösterildiği gibi kurbağa hareket ederse işler değişir. Kurbağanın hâlâ saniyede bir metre hızla ilerleyen dalgaları her saniye üretmeye devam ettiğini ama bunun yanında sağ kıyıya doğru saniyede 0.5 m hızla hareket ettiğini düşünün. Bu sefer kurbağanın hareket ettiği yönde dalgalar birbirlerine yaklaşırlar. Karşı yönde ise dalgalar birbirlerinden uzaklaşırlar. Sağ kıyıdaki gözlemci, dalgaların yarım metre arayla geldiğini, sol kıyıdaki gözlemci de bir buçuk metre arayla geldiğini görür. Bir gözlemciye göre dalga boyu azalmış; diğerine göre artmıştır. Bu etkiye Doppler etkisi denir.

Kısaca, dalga üreten bir nesne gözlemciye yaklaşırsa gözlemci, dalga boyunda bir azalma görür fakat dalga üreten nesne gözlemciden uzaklaşırsa dalga boyunda artış olur. Tam tersi olarak dalga yayan nesne sabit, gözlemci

hareket ediyor olabilir, ve bu durumda da dalga boylarındaki artış ve azalma gözlemlenir. Doppler etkisi 1845'te ses dalgalarıyla test edildi. Hollandalı meteorolog Cristoph Buys-Ballot, Doppler etkisinin gerçekte olmadığını kanıtlamaya çalışıyordu. Trompetçilerden oluşan iki farklı grup oluşturdu ve "fa" notasını çalmalarını istedi. Bir grup trompetçi, Utrecht ve Maarsen arasında yeni yapılmış bir demiryolu üzerinde üstü açık bir vagona bindiler; diğer grup ise istasyonda sabit duruyordu. Her iki grup da sabit bir halde notayı çaldıkları zaman, duyulan nota aynıydı; fakat vagon harekete geçip dinleyenlere yaklaştıkça trompetçilerin çaldığı notanın daha tiz olduğu, vagon hızlandıkça da çalınan notanın daha da tizleştiği gözlemlendi. Vagon dinleyenlerden uzaklaşırken çalınan notanın da toklaştığı belli oluyordu. Çalınan notanın değişmesinin sebebi, ses dalgalarının dalga boyu değişimleri ile ilgilidir.

Günümüzde aynı etkiyi ambulans sirenleri ile yaşıyoruz. Ambulans yakalaştıkça sirenlerin sesi daha tizleşir (dalga boyu kısa), ambulans uzaklaştıkça da sirenlerin sesi daha toklaşır.

Dalga boyu ve sesin tizliği arasındaki ilişki, Doppler'in bulduğu bir formülle ifade edilebilir. Gözleyenin algıladığı dalga boyu (λ_T), ilk salınan dalga boyunun (λ), dalga hızıyla (v_w) nesnenin hızı (v_e) arasındaki oranla çarpımıdır. Eğer dalgaları üreten nesne gözlemciye doğru gelyorsa v_e , pozitif; gözlemciden uzaklaşıyorsa negatiftir:

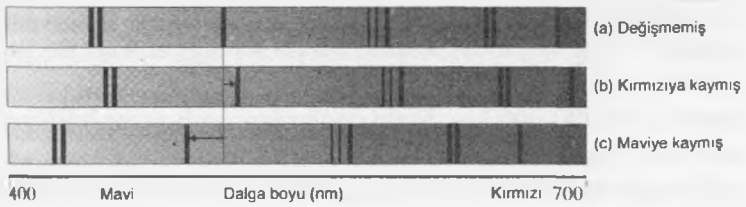
$$\lambda_T = \lambda \times \left(1 - \frac{v_e}{v_w} \right)$$

Şimdi yanımızdan geçen bir ambulansın sirenlerinin dalga boylarının nasıl değiştiğini hesaplayabiliriz. Ses dalgalarının havadaki hızı (v_w) yaklaşık saatte 1000 km.dir, ambulansın hızının (v_e) da saatte 100 km olduğunu varsayalım. Yani ambulansın gittiği yöne göre dalga boyu %10 oranında azalmakta veya artmaktadır.

Benzer bir hesaplama yöntemiyle ambulansın mavi ışığının dalga boyu değişimini de hesaplayabiliriz. Bu sefer dalgalar ışık hızıyla ilerliyor, bu yüzden v_w saatte yaklaşık 1,000,000,000 km. hızla ilerlerken ambulans hâlâ saatte 100 km. hızla ilerlemekte. Bu nedenle, dalga boyundaki değişim sadece %0.00001. Dalga boyundaki ve ambulansın siren rengindeki bu değişim gözle fark edilemeyecek kadar azdır. Gündelik hayatımızda Doppler etkisinin ışık dalgalarındaki etkisini göremeyiz, çünkü en hızlı vasıtalar bile ışık hızıyla karşılaştırıldıklarında yavaş kalmaktadır. Buna rağmen Doppler, ışık dalga boylarındaki etkinin gerçek olduğunu ve ışık saçan madde yeterince hızlı ilerlerse ve bunu algılayabilecek hassaslıkta ekipmanımız olursa dalga boylarındaki değişimi görebileceğimizi iddia ediyordu.

1868'de William ve Margaret Huggins, Sirius yıldızının spektrumundaki Doppler etkisini keşfettiler. Sirius'un soğurma çizgileri, Güneş'in soğurma çizgileriyle neredeyse tıpatıp aynıydı fakat dalga boylarının her birinde %0.015lik bir artış vardı. Bunun nedeni Sirius'un Dünya'dan uzağa doğru hareket etmesiydi. Hatırlarsanız, dalga saçan nesneler gözlemciden uzaklaştıkça yaydıkları dalgaların dalga boyları artmaktadır. Dalga boyundaki bu tip artışlara *kırmızıya kayma* denir, çünkü kırmızı gözle görünen spektrumun en sonunda yer alan, en uzun dalga boyudur. Benzer şekilde dalga boylarında oluşan azalmaya da *maviye kayma* denilmektedir. Her iki kayma modeli de Şekil 59'da gösterilmektedir.

Her ne kadar gelecekte Doppler'in formülü Einstein'ın izafiyet teorisiyle uyumlu olmak için değiştirilse de formülün XIX. yüzyıldaki hali, Huggins'in Sirius'un hızını ölçmesi için yeterliydi. Sirius'tan gelen ışık dalga boylarının % 0.015 kadar arttığını ölçmüştü. Yani Sirius yıldızından gelen ve yıldızın gerçekte yaydığı ışık dalga boylarının ilişkisi $\lambda_r = \lambda \times 1.00015$. Gelen dalgaların hızının ışık hızı olduğunu da biliyordu, böylece



Şekil 59: Buradaki üç grafikte bir yıldızın yaydığı ışığın hızından nasıl etkilendiği gösterilmektedir. Şekil (a)'da Dünya'ya oranla hareket etmeyen bir yıldızdan (Örn. Güneş) gelen soğurma dalga boyları gösterilmektedir. Şekil (b)'de Dünya'dan uzaklaşan bir yıldızın soğurma çizgileri gösterilmektedir. Çizgiler tıpatıp aynıdır, sadece biraz sağa kaymışlardır. Şekil (c)'de Dünya'ya yaklaşan bir yıldızın maviye kaymış soğurma çizgileri gösterilmektedir. Çizgiler yine aynıdır, ancak bu sefer de sola kaymışlardır. Bize yaklaşan yıldız, bizden uzaklaşan yıldızdan daha hızlıdır çünkü maviye kayma da büyüktür.

$v_w = 300\,000$ km/s. Formülü bu rakamlarla tekrar düzenlediği zaman Sirius yıldızının Dünya'dan 45km/s hızla uzaklaştığını bulmuştu.

Eski bir kumaş taciri olan William Huggins, yıldızların hızlarını ölçebileceğini kanıtlamıştı. Her yıldız Dünya'da bulunan sodyum gibi elementlere sahipti, ve bu elementler standart dalga boylarında ışımlar saçıyordu; Doppler etkisiyle değişen bu dalga boyları ölçülebilir ve yıldızın hızını verirdi. Huggins'in bu yönteminin çok önemli bir potansiyeli vardı çünkü yıldızlardan ve nebulardan gelen ışık dalga boyları ölçülüp hızları bulunabilirdi. Artık yıldızın gök yüzündeki değişiminin yanı sıra Dünya'dan uzaklaşması veya yaklaşması da ölçülebilecekti.

Doppler etkisini kullanarak yıldızların hızını hesaplamak birçok kişiye garip gelebilir ama bu yöntem gerçekten de işe yaramaktadır. Hatta ve hatta polis radarları, Doppler etkisini ölçerek aşırı hız yapan araçları tespit etmektedir. Polis radarı yaklaşmakta olan araca bir radyo

dalgası gönderir ve arabadan yansıyarak dönen dalga boyundaki değişimi ölçer. Arabadan dönen dalga boyu ne kadar artarsa arabanın hızı ve sürücüyü kesilen ceza da o kadar yüksek olur.

Bir şehir efsanesine göre rasathanesine giden bir astronom, Doppler etkisini kullanarak polisi aldatmaya çalışır. Astronom kırmızı ışıktaki geçmiştir ve polis ona ceza yazmak ister. Astronom ise aslında kırmızı ışıktaki değil, yeşil ışıktaki geçtiğini; ışıklara doğru hızlı ilerlediği için kırmızı ışığın maviye kaydığını ona yeşil göründüğünü söyler. Trafik polisi de kırmızı ışıktaki geçtiği için yazdığı cezayı iptal eder ve aşırı hızdan dolayı çok daha büyük bir ceza yazar. Çünkü kırmızı ışığın yeşil görünebilecek kadar maviye kaymanın gerçekleşmesi için astronomun saatte 200 000 000 km. hızla gitmesi gerekir.

XX. yüzyılın başlarında spektroskop artık olgunlaşmış bir teknolojiydi ve yeni yapılmış olan dev teleskoplarla ve hassas fotoğraf plakalarıyla uyumlu çalışabiliyordu. Bu teknolojik üçlü, astronomların yıldızların hızını ve içeriklerini öğrenmeleri için eşi bulunmaz bir fırsattı. Yıldızlardan gelen ışığın dalga boylarındaki kayıp çizgileri bulup yıldızlar oluşturan elementleri de öğrenebildiler. Bu elementler genellikle hidrojen ve helyumdu. Bu çizgilerdeki kaymaları da hesaplayarak yıldızların hızlarını da ölçebildiler. Bazı yıldızlar saniyede birkaç kilometre giderken kimileri de saniyede 50 km. gibi hızlarla ilerliyordu.

1912'de eskiden diplomat olan bir astronom, hız hesaplamalarını farklı bir boyuta taşıdı. Vesto Slipher bir nebulanın hızını ölçen ilk astronom oldu. Arizona'daki Lowell Rasathanesi'nde, 60 santimlik Clarke teleskobunu kullandı. Teleskop rasathaneye Percival Lowell adında Bostonlu zengin bir aristokrat tarafından hediye edilmişti. Lowell, Mars'ta zeki canlılar olduğundan emindi ve bu Marslı uygarlığı bulmak için can atıyordu. Vesto Slipher ise daha bilimsel konularla ilgiliydi ve mümkün olduğunca teleskobun yönünü Mars'tan nebulalara doğru çevirirdi.

Slipher birkaç gece boyunca Andromeda nebulasının (gelecekte Andromeda'nın bir galaksi olduğu kesinleşecekti) 40 saatlik bir fotoğrafını çekti ve saniyede 300 km.lik bir Doppler maviye kayması ölçtü. Bu rakam en hızlı yıldızdan bile altı kat daha fazlaydı. 1912 yılında herkes, Andromeda'nın Samanyolu galaksisi içinde olduğunu düşünüyordu ve bu kadar hızlı olmasına inanamadılar. Slipher bile ölçümlerinden şüphe duymuştu ve bu sefer teleskobunu günümüzde Sombrero galaksisi olarak bilinen nebula çevirdi. Bu sefer de maviye kayma değil kırmızıya kayma olduğunu gördü ve galaksinin hızı çok daha fazlaydı. Sombrero'dan gelen ışık o kadar çok kırmızıya kaymıştı ki galaksinin Dünya'dan saniyede 1000 km. hızla uzaklaşıyor olması gerekirdi. Bu, ışık hızının yaklaşık %1'idir. Eğer bir uçak bu kadar hızlı hareket edebilseydi Londra'dan New York'a altı saniye içinde gidebilirdi.

Sonraki birkaç yıl içinde Slipher birçok galaksinin hızlarını ölçtü ve hepsinin de inanılmaz yüksek hızlarda hareket ettikleri ortaya çıktı. Ancak ortaya başka bir bilmece çıkmıştı. İlk iki ölçüm bir galaksinin yaklaştığını diğerinin ise uzaklaştığını gösteriyordu. Ancak sonrasında yapılan ölçümler, galaksilerin çoğunun inanılmaz hızlarla Dünya'dan uzaklaştıklarını gösteriyordu. 1917 yılına geldiğimizde, Slipher yirmi beş galaksinin hızını ölçmüştü ve bunlardan sadece dördü Dünya'ya yaklaşıyordu. Sonraki senelerde yirmi galaksinin daha hızları ölçüldü ve bunların hepsinin Dünya'dan uzaklaştığı gözlemlendi. Sanki Samanyolu galaksisi iğrenç kokuyormuş gibi neredeyse bütün galaksiler ondan uzaklaşıyordu.

Bazı astronomlar galaksilerin sabit ve durağan olmasını umuyordu ama durumun böyle olmadığı açıktı. Başkalarıysa galaksilerin yarısının Dünya'dan uzaklaşırken diğer yarısının yakınlaşması gerektiğini düşünüyordu ancak durum böyle de değildi. Galaksilerin çoğunun Dünya'dan uzaklaşıyor olması bütün tahminleri alt üst ediyordu. Slipher ve diğerleri görünen resmi, mantıklı bir şekil-

de açıklamaya çalıştılar ama herhangi bir senaryo üzerinde görüş birliğine varamadılar.

Galaksilerin Dünya'dan uzaklaşıyor olması, Edwin Hubble gelene kadar gizemini sürdürdü. Tartışmanın içine dâhil olduğu zaman çılgın teoriler üretme gereğini hiç duymadı, özellikle de 2.5 metrelik Mount Wilson teleskobu yeni veriler elde ederken. Hubble'ın sade bir görüşü vardı: "Deneyisel sonuçlar tüketilmeden, spekülasyonların hayal dünyasına dalmaya gerek yoktur."

Hubble, kısa süre içinde astronomların Slipher'ın ölçümlerini mantıklı bir evren modeli haline getirmelerini sağlayacak ölçümleri yapacaktı. Hubble hiç farkında olmadan Friedmann ve Lemaitre'nin evrenin yaratılışı teorilerini destekleyecek en önemli kanıtları bulacaktı.

Hubble'ın Kanunu

Nebulaların Dünya'ya olan uzaklıklarını ölçüp galaksi olduklarını kanıtladıktan sonra Edwin Hubble, astronomi dünyasına ismini kazımıştı. Aynı zamanda özel hayatında da büyük gelişmeler olmuştu çünkü milyoner bir bankerin kızı olan Grace Burke'la tanışıp ona aşık olmuştu. Grace, Mount Wilson Rasathanesi'ni ilk ziyaret ettiği zaman, bir yıldız haritasının fotoğrafına dikkatlice bakan Hubble'a ilk görüşte aşık olmuştu.

Ancak Grace, Hubble'la ilk tanıştığı sıralarda evliydi. Ancak, bir jeolog olan kocası Earl Leib, dikey bir maden yarığından mineral örnekleri toplarken düşüp ölünce 1921'de dul kaldı. Grace ve Hubble çifti bir süre beraber olduktan sonra 26 Şubat 1924'te evlendiler.

Hubble'ın Büyük Tartışma'yı sonuçlandırmasının ardından gelen şöhretle çift ünlüler sıralamasının en üstüne çıktı. Mount Wilson Rasathanesi Los Angeles'tan sadece 25 km. uzaktaydı ve çift Hollywood sosyetesinin müdavimlerinden oldu. Hubble çifti Douglas Fairbanks gibi ak-

törlerle ve İgor Stravinsky gibi ünlülerle vakit geçirirken Leslie Howard ve Cole Porter da Mount Wilson Rasathanesi'ni ziyaret edip rasathanenin ününe ün katıyordu.

Hubble, şöhreti çok sevmiştir ve dünyanın en ünlü astronomu olarak arkadaşlarına, misafirlerine, gazetecilere ve öğrencilerine renkli geçmişini anlatmaktan zevk alıyordu. Gençliğinde babasının baskısı altında kalan Hubble, onu çok seven kitlelere hava atmaktan çok hoşlanıyordu. Örneğin Avrupa'dayken nasıl kılıçlarla düello yaptığını anlatmaktan çok hoşlanırdı. Arkadaşları bu hikâyeye bayılmıştı ama aynı hikâyeyi babasına anlattığı zaman "düellocuların aldığı yaralar şeref nişanı değildir" diyerek onu azarlamıştı.

Sahip olduğu şöhrete ve ününe rağmen Hubble, her şeyden önce bir astronom olduğunu unutmadı. Kendisini devlerin omzunda yükselmiş bir dev olarak görüyor ve geçmişte Kopernik'in, Galileo'nun ve Herschel'in oturduğu tahtın varisi olduğunu düşünüyordu. İtalya'da balayına çıktıkları zaman eşi Grace'i, Galileo'nun mezarına götürüp büyük dâhiye saygılarını sunmuştu.

Hubble, Slipher'in kırmızıya kayan galaksilerini duyduğu zaman doğal olarak tartışmanın içine girip gizemi çözmeye karar verdi. Yaşayan en büyük astronom olarak Samanyolu'ndan kaçışan galaksilerin ne anlama geldiklerini çözmeyi görevi olarak görüyordu. Lowell Rasathanesi'ndeki teleskoptan on yedi kat daha fazla ışık toplayan Mount Wilson Rasathanesi'nde çalışmaya başladı. Geceler boyu nerdeyse tamamen karanlıkta çalışarak gözlerinin gece karanlığına alışmasını sağladı. Büyük rasathanenin içinde karanlığı aydınlatan tek şey piposunun ışığıydı.

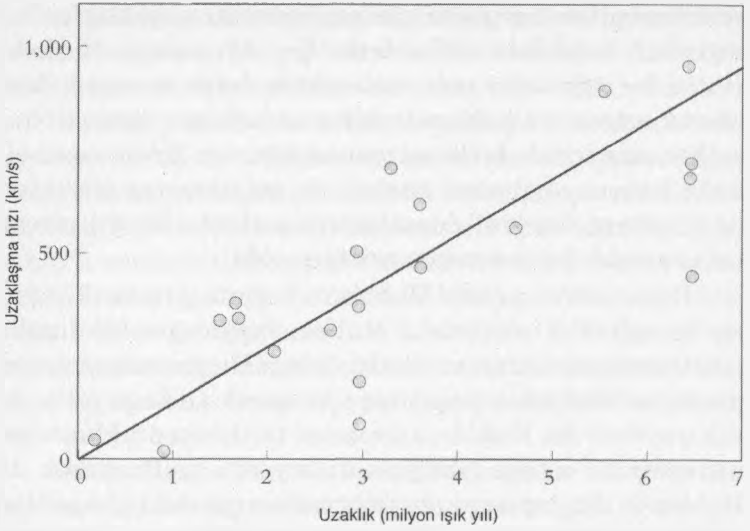
Hubble'ın asistanı, mütevazı bir geçmişi sahip ancak dünyanın en iyi astronomi fotoğrafçısı olacak olan Milton Humason'dı. Humason on dört yaşında okulu bırakıp rasathaneyi ziyarete gelen astronomların ağırlandığı Mount Wilson otelinde bellboy olarak çalışmaya başlamıştı. Ardından dağın tepesine erzak ve alet taşıyan katırları çekmeye başladı. Sonrasında rasathanede hizmetli olarak gö-

reve başladı ve her geçen gün astronomlar ve çektikleri fotoğraflar hakkında daha fazla şey öğrenmeye başladı. Hatta bir öğrenciyi ona matematik dersi vermeye ikna ederek astronomi hakkında daha da fazla şey öğrendi. Rasathanenin içinde hızla astronomi öğrenen bir hizmetli olduğu haberi yayılmaya başladı ve rasathaneye girdikten üç yıl sonra fotoğraf departmanına alındı. İki yıl sonra, tam zamanlı bir astronom asistanı oldu.

Humason'ın gayreti Hubble'ın hoşuna gitti ve ikisi garip bir ortaklık oluşturdu. Hubble saygıdeğer bir İngiliz centilmeni görüntüsünü sürdürürken Humason gecelerini panter sütü denilen yasak bir içki içerek ve kağıt oynatarak geçiriyordu. Hubble, astronomi tarihinin ufukların genişlemesiyle ortaya çıktığına inanıyordu ve Humason da Hubble'ın ihtiyaç duyduğu fotoğrafları çekebildiği için ilişkileri devam ediyordu. Humason, bir galaksinin fotoğraflarını çekerken ellerini teleskobun yönünü çeviren düğmelerden ayırmayarak galaksinin sürekli göz önünde kalmasını sağlıyor ve izleme cihazında oluşabilecek herhangi bir hatayı engelliyordu. Hubble da Humason'ın sabrına ve titizliğine saygı duyuyordu.

Slipher'ın kırmızıya kayma bulmacasını çözmek için ikili, iş bölümü yaptı. Humason birçok galaksinin Doppler kaymalarını ölçerken Hubble da onların uzaklıklarını ölçüyordu. Teleskoba yeni bir fotoğraf makinesi ve spektroskop takıldı ve geceler boyu çekilen fotoğrafların birkaç saat içinde banyo edilmesi sağlandı. İlk önce Slipher'ın ölçtüğü kırmızıya kaymalar tekrar ölçüldü ve 1929 yılına gelindiğinde Hubble ve Humason, kırk altı galaksinin uzaklıklarını ve kırmızıya kaymalarını ölçmüşlerdi. Maalesef bu ölçümlerin yarısında hata payı çok yüksekti. Temkinli olduğu için Hubble, sadece emin olduğu ölçümleri kullanarak Şekil 36'da gösterildiği gibi hızları ve uzaklıklarını belirten bir grafik çizdi.

Neredeyse bütün galaksilerin ışığı kırmızıya kayıyor du yani Samanyolu'ndan uzaklaşıyorlardı. Aynı zamanda grafikteki noktalar galaksilerin hızlarının, uzaklıklarıyla



Şekil 60: Bu grafik, Hubble'ın 1929'da çizdiği grafikdir. Yatay eksen, uzaklığı; dikey eksen de galaksilerin hızını göstermektedir. Her bir nokta da bir galaksiyi temsil etmektedir. Her ne kadar galaksilerin hepsi çizgiye denk gelmese de genel bir eğilim mevcuttur. Bu grafik bir galaksinin hızının uzaklığına bağlı olduğunu göstermektedir.

doğru orantılı olduğunu gösteriyordu. Hubble, grafiğin ortasından düz bir çizgi çizdi ve bir galaksinin hızının Samanyolu'ndan uzaklığına bağlı olduğunu gösterdi. Yani bir galaksi, diğerine göre Dünya'dan iki kat uzaklıktaysa hızı da iki kat fazlaydı.

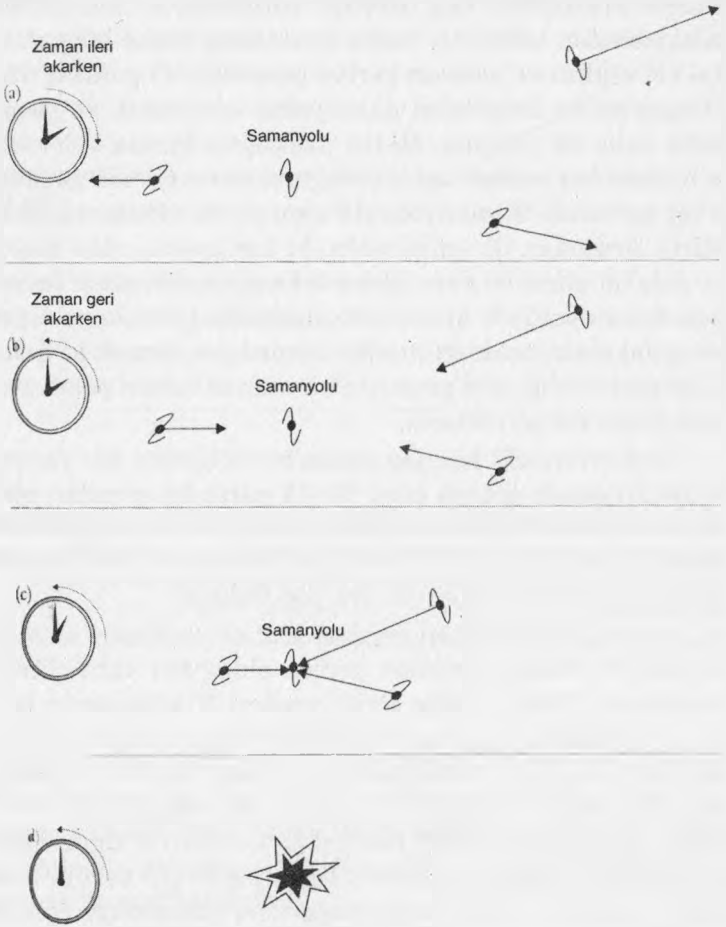
Eğer Hubble'ın ölçümleri doğruysa sonuçları inanılmazdı. Galaksiler evrende rastgele hızlarla ilerlemiyorlardı; hızları uzaklıklarına bağlıydı ve bilim adamları böyle bir ilişki gördükleri zaman daha derin bir anlam bulmaya çalışırlardı. Bilim adamları, evrendeki tüm galaksilerin geçmişte aynı yoğun bölgeye sıkıştırılmış olduğunu fark ettiler. Big Bang dediğimiz olayın ilk gözlemsel kanıtı bu olaydır. Bilimsel olarak bir yaratılış anının olduğunu kanıtlayan ilk ipucu budur.

Hubble'ın verileriyle, bir yaratılış anının olduğu düşünçesi arasındaki bağ basittir. Günümüzde Samanyolu galaksisinden belirli bir hızda uzaklaşan başka bir galaksiyi ele alalım ve zamanı geriye çevirelim. O galaksi dün Samanyolu'na bugünden daha yakın olmalıydı, ve geçen hafta daha da yakındı. Hatta uzaklığını hızına bölersek, ve hızının her zaman sabit olduğunu varsayarsak geçmişte bir zamanda Samanyolu'yla aynı yerde olduğunu görebiliriz. Ardından ilk galaksiden iki kat uzakta olan başka bir galaksi alırız ve aynı işlemi tekrarlayarak onun ne zaman Samanyolu'yla aynı yerde olduğunu hesaplarız. Eğer her galaksinin uzaklığı hızıyla orantılıysa demek ki Şekil 61'de gösterildiği gibi geçmişte bir zaman bütün galaksiler aynı yerde yer alıyorlardı.

Yani evrendeki her şey yoğun bir bölgeden, bir yaratılış anı sırasında ortaya çıktı. Ve ilk yaratılış anından sonra zamanı ileriye alırsak sürekli genişleyen ve değişen bir evrenle karşılaşırız. Bu tam olarak Friedmann ve Lemaitre'nin demek istediği şeydi. Bu Big Bang'di.

Her ne kadar bütün verileri Hubble toplamış olsa da kendisi Big Bang teorisinin gerçek olduğunu aktif olarak savunmadı. Hubble, elde ettiği verileri "Galaksilerin hızları ve uzaklıkları arasındaki ilişki" adını verdiği altı sayfalık mütevazı bir makalede yayınladı. Hubble, evrenin nasıl meydana geldiği konusunda spekülasyonlar üretmeyle veya büyük felsefi kozmoloji sorularıyla ilgilenmek istemiyordu. Sadece iyi gözlemler yapıp doğru veriler elde etmek istiyordu. Bir önceki başarısını yakaladığı zaman da amacı aynıydı. Bazı nebuların Samanyolu'nun çok daha ötesinde olduğunu kanıtlamıştı ama bu nebuların aslında galaksi olduğu sonucuna varmayı başkalarına bırakmıştı. Hubble patolojik olarak elde ettiği verilerin derin anlamlarını kavrayamıyor gibiydi, bu yüzden meslektaşları, galaksilerin hızlarını ve uzaklıklarını kıyasladığı bu grafiğin sonuçlarını tercüme ediyordu.

Ancak kimse Hubble'ın elde ettiği sonuçlar üzerinden spekülasyon yapmadan önce, bu verilerin doğru oldukları



Şekil 61: Hubble'ın gözlemleri bir yaratılış anı olduğunu ima ediyordu. (a) şekli evrenin günümüzdeki halini temsil eder. Sadelik açısından sadece üç galaksi birlikte saat 2'yi göstermektedir. Ancak (b) şeklindeki gösterildiği gibi zamanı geriye alacak olursak galaksiler Samanyolu'na yaklaşıyor gibi gözükür. Saat 1'e geldiği zaman galaksiler bize çok daha yakın olur. Gece yarısına geldiğimiz zamanda aynı, (c) şeklinde gösterildiği üzere galaksilerin hepsi aynı yerde olacaktır. Bu da Big Bang'in olduğu zamandır.

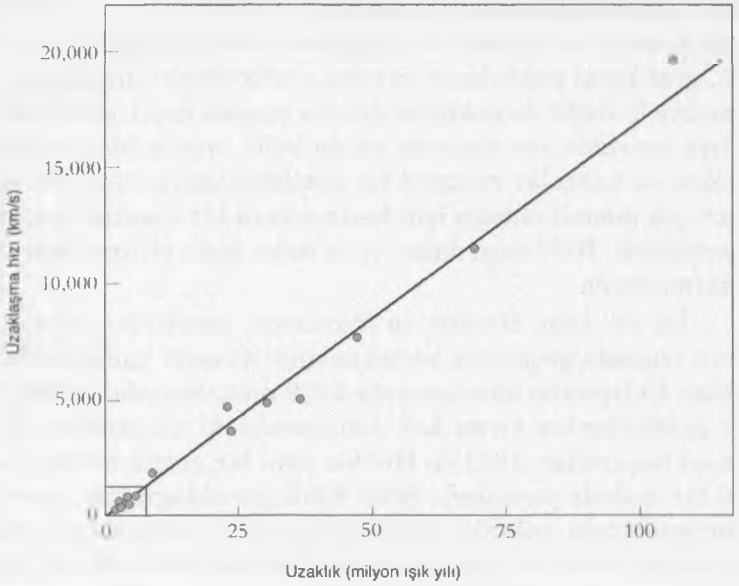
kanıtlanmalıydı. Bu aşılması güç bir durumdu, çünkü birçok meslektaşı Hubble'ın grafiğine güvenmiyordu. Sonuçta, grafikteki noktaların birçoğu grafik çizgisinin çok uzatılmıştı. Belki de noktalar düz bir çizgide değil, eğimli bir çizgi üzerinde yer alıyordu ya da belki ortada hiçbir çizgi yoktu ve noktalar rastgele bir şekilde dağılıyordu. Sonuçları çok önemli olduğu için kesin somut bir kanıtın olması gerekiyordu. Hubble'ın daha iyi ve daha fazla ölçüme gereksinimi vardı.

İki yıl daha Hubble ve Humason, gecelerini teleskobun başında geçirdiler ve teknolojiyi sonuna kadar zorladılar. Çalışmalarının sonunda 1929 makalesinde ölçtükleri galaksilerden yirmi kat daha uzaktaki galaksileri ölçmeyi başardılar. 1931'de Hubble yeni bir grafik içeren yeni bir makale yayınladı. Şekil 62'de görüldüğü gibi bu sefer grafikteki noktalar Hubble'ın çizgisi üzerindeydi. Bu verilerin sonuçları kaçınılmazdı. Evren sistematik bir şekilde genişliyordu. Bir galaksinin hızıyla uzaklığı arasındaki ilişki Hubble'ın kanunu olarak belgelendi. Kısaca genel olarak evrendeki galaksilerin uzaklıklarıyla doğru orantılı bir hızda uzaklaştıklarını söylemek doğrudur. Hubble'ın kanunu basit bir formül olarak özetlenebilir:

$$v = H_0 \times d$$

Bu formüle göre, bir galaksinin hızı (v), Dünya'ya olan uzaklığın (d) Hubble sabiti olarak bilinen rakamla (H_0) çarpımıdır. Hubble sabitinin tam değeri uzaklık ve hız için kullanılan birimlere göre değişir. Hız, genellikle kilometre bölü saniye cinsinden ölçülür ancak teknik nedenlerden ötürü astronomlar, uzaklığı megaparsekle (Mpc) ölçmeyi tercih ederler. 1 Mpc, 3 260 000 ışık yılına veya 30,900,000,000,000,000 km.'ye eşittir. Megaparsek birimini kullanan Hubble, sabitinin değerini 558 km/s/Mpc olarak hesaplamıştır.

Hubble sabitinin iki sonucu vardır. Öncelikle, eğer bir galaksi Dünya'dan 1 Mpc uzaklıktaysa aşağı yukarı 558



Şekil 62: 1929 yılında çizdiği grafik gibi, bu grafikteki her nokta da bir galaksiyi temsil etmektedir. Ölçümler bir önceki makaleye göre çok daha iyidir. Özellikle, Hubble çok daha uzak galaksileri ölçebilmiştir ve bir önceki ölçümündeki galaksileri sol alt köşedeki kutu içinde göstermiştir. Bu sefer noktaların düz bir çizgi üzerinde olduğu çok daha barizdir.

km/s hızla uzaklaşıyor demektir. Hatta Hubble kanunundan yola çıkarak herhangi bir galaksinin hızını uzaklığına bakarak veya uzaklığını hızına bakarak ölçebiliriz.

Hubble sabitinin diğer sonucu ise bize evrenin yaşını söylemesidir. Ne kadar zaman önce evrendeki tüm madde, yoğun bir merkezden patlayarak ayrıldı? Eğer sabitimiz 558 km/s/Mpc ise 1 Mpc uzaklıktaki bir galaksi 558 km/s hızla ilerliyor demektir. Bu galaksinin 558 km/s sabit hızında ilerlediğini varsayarsak 1 Mpc uzaklığa gidebilmesi için ne kadar zaman geçmesi gerektiğini hesaplayabiliriz. 1 Mpc'nin 30,900,000,000,000,000 km. olduğunu bildiğimiz için hesaplamalarımızı km. üzerinden yapabiliriz.

$$\text{zaman} = \frac{\text{uzaklık}}{\text{hız}}$$

$$\text{zaman} = \frac{30,900,000,000,000,000,000 \text{ km}}{558 \text{ km/s}}$$

$$\text{zaman} = 55,400,000,000,000,000 \text{ saniye}$$

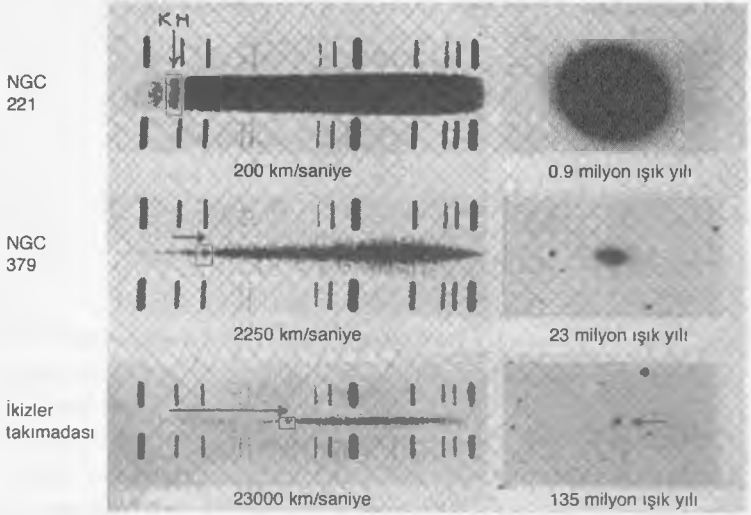
$$\text{zaman} = 1,800,000,000 \text{ yıl}$$

Yani Hubble ve Humason'a göre bundan yaklaşık 1.8 milyar yıl önce evrendeki bütün madde çok yoğun bir merkezde toplanmıştı ve o günden beri de genişlemekte. Bu ölçümler o güne kadar inanılan, sonsuz ve değişmeyen evren inancına tamamen zıttı. Ancak, Friedmann ve Lemaitre tarafından öne sürülen evrenin büyük bir patlamayla (Big Bang) başladığı teorisini ise destekliyordu.

Astronomlar hâlihazırda minimum seviyede de olsa değişimin gerçekleştiğini kabul ediyorlardı çünkü nova ve süpernova gibi büyük olaylara şahit olmuşlardı. Ancak astronomlar, ölen bir yıldızın ardından başka bir yerde, başka bir yıldızın doğduğunu varsayıyorlardı. Böylece evrende durağanlık ve denge korunuyordu. Yani arada sırada gerçekleşen novalar, evrenin yapısını değiştiremezdi. Ancak yeni ortaya çıkan bu veriler değişimin evren çapında devam ettiğini gözler önüne seriyordu. Hubble'ın gözlemleri ve genişleme yasası, tüm evrenin dinamik ve değişken olduğunu, zaman geçtikçe uzaklıkların arttığını ve evrenin yoğunluğunun azaldığını kanıtlıyordu.

Dünya'nın Güneş etrafında döndüğüne, veya ışığın sınırlı bir hızda ilerlediğine, veya nebulaların çok uzaklardaki bağımsız galaksiler olduğuna inanmayanların gösterdikleri doğal muhafazakârlık, bir yaratılış anı olduğu ve evrenin genişlediği fikrine karşı da ortaya çıktı.

Eski katır seyisi, bu tür tartışmalarla ilgilenmiyordu. Humason'ın işi kırmızıya kaymaları ölçmekti ve ölçümlerini yaptıktan sonra bunların nasıl yorumlanacağıyla ilgi-



Şekil 63: Şekil 54'te gösterilen idealize edilmiş soğurma çizgilerinin aksine bu grafikte Hubble ve Humason tarafından çekilmiş gerçek ölçümler gösterilmektedir. Tercüme edilmeleri zor olsa da her bir satır bir galaksinin soğurduğu dalga boylarını göstermekte ve satırın sonunda da galaksinin bir resmi bulunmaktadır.

İlk galaksi NGC, 221 0.9 milyon ışık yılı uzaklıktadır. Humason'un spektroskopik ölçümleri galaksinin hızını göstermektedir. Ortadaki yatay çizgi galaksiden gelen ışığı göstermektedir. Kutu içerisine alınmış dikey çizgi de galaksideki bir kalsiyum tarafından soğurulmuş bir dalga boyunu belirtir. Bu çizgi aslında olması gerektiğinden daha sağdadır ve galaksinin saniyede 200 km hızla uzaklaştığını belirtir.

İkinci ölçümler NGC 379'dan alınmıştır. Bu galaksi 23 milyon ışık yılı uzaklıkta olduğu için daha küçük gözükmektedir. Yine kutu içine alınmış olan kalsiyum çizgisi daha da sağa kaymıştır ve saniyede 2250 km hızla uzaklaştığını göstermektedir. NGC 379, NGC 221'den 26 kat daha uzaktır ve 27 kat daha hızlı hareket etmektedir.

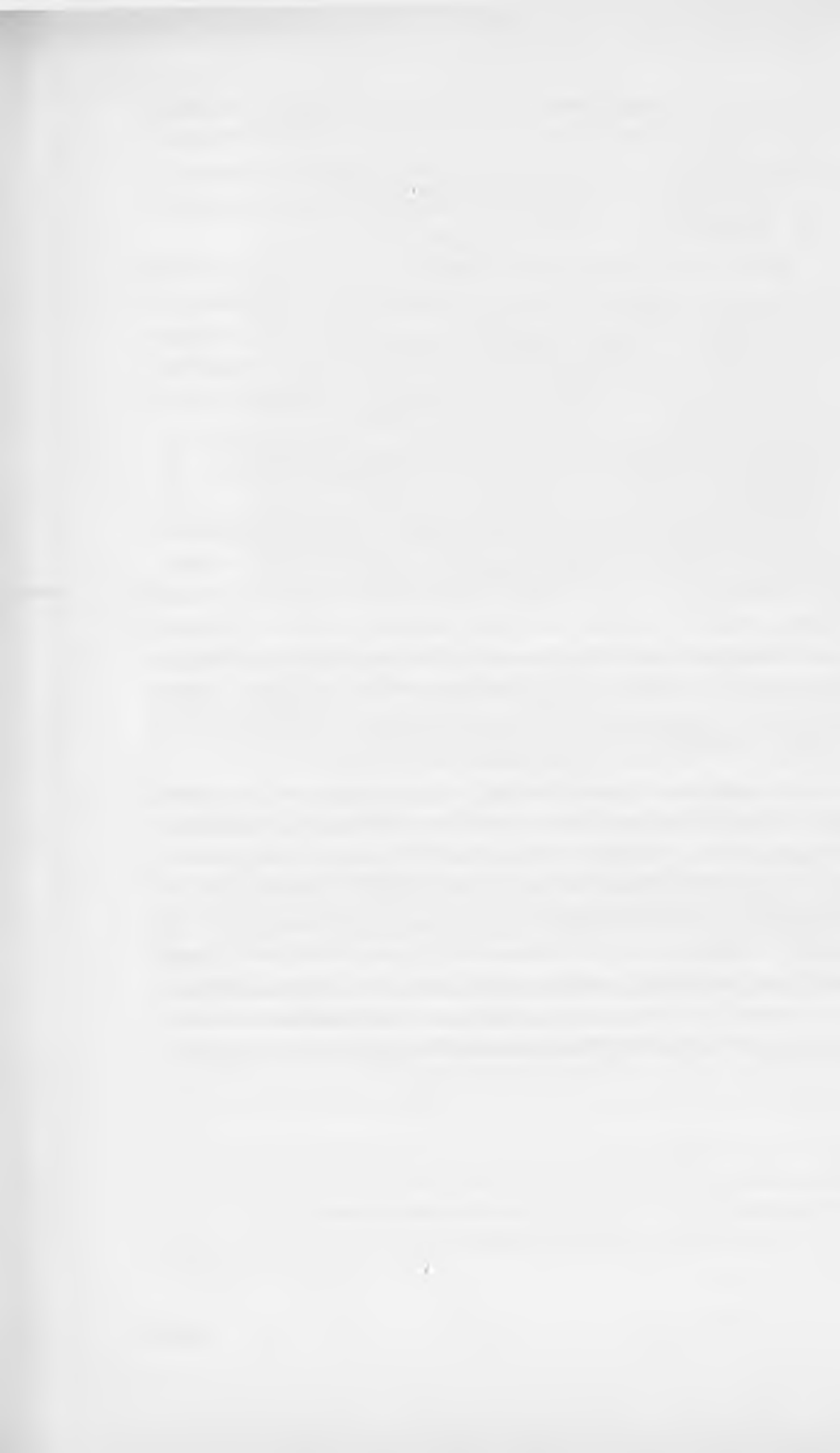
Üçüncü ölçümler İkizler takımadasında bulunan bir galaksiye aittir ve 135 milyon ışık yılı uzaklıktadır. Kutu içindeki kalsiyum çizgisi daha da sağa kaymıştır ve saniyede 23,000 km hızla uzaklaştığını göstermektedir. NGC 221'den yaklaşık 100 kat daha uzaktır ve 100 kat daha hızlıdır.

lenmiyordu: “Bu çalışmalarda benim görevimin hiç değişmiyor olması bence çok sevindiriciydi. Yaptığım ölçümlerin sonucu ne olursa olsun, o çizgiler her zaman benim onları ölçtüğüm yerdeler ve hızları -veya kırmızıya kaymaları da diyebilirsiniz- her zaman aynı olacaklar.”

Tekrar belirtmeliyiz ki Hubble’da herhangi bir şekilde spekülasyon yapmaktan uzak durmuştur. Ölçümleri o sunmuş olsa da hiçbir kozmolojik tartışmaya katılmamıştır. Hubble ve Humason, yazdıkları bilimsel makalede, “yazarlar bu hız ve uzaklık ölçümlerini sunarken bu verilerin ne anlama gelecekleri konusunda bir fikir veya yorum beyan etmekten uzak durmayı seçmektedirler”, demektedir.

Bir sonraki büyük tartışmanın ortasına dalmaktansa Hubble, büyüyen şöhretinin tadını çıkardı. 1937’de Oskar ödül töreninin konuğu oldu ve Akademinin başkanı Frank Capra töreni, yaşayan en ünlü astronom olan Hubble’ı takdim ederek açtı. Hollywood yıldızları Hubble’ın yanında figüran olarak kalmıştı. Sahnede üç spot ışığının altında duran Hubble, ömrü boyunca yıldızlara bakmıştı ama şimdi yıldızlar ona hayranlıkla bakıyordu.

Salondaki herkes Hubble’ın başarılarının farkındaydı. Sahnedeki adam Samanyolu’nun dışında da galaksiler olduğunu keşfetmiş ve evren tasavvurumuzu genişletmişti. Sahnedeki adam evrenin genişlediğini kanıtlamış ve kendisi bunu kabul etsin veya etmesin evrenin sonlu bir tarihi olduğunu ve bir zamanlar sadece belli bir bölgede bulunan yoğun bir madde olduğunu göstermişti. Yaratılışın gerçekliğini kanıtlayan ilk kanıt istemeden de olsa o bulmuştu. Artık Big Bang modeli bir teoriden fazlasıydı.



4. KOZMOS'UN ASİLERİ

Galaksilerin süper-sistemi sigara dumanı gibi dağılıyor. Bazen çok daha büyük bir sistem olabileceğini ve galaksilerin bu sistemde dağılan bir sigara dumanı olabileceklerini düşünüyorum.

Arthur Eddington

Doğa bize sadece aslanın kuyruğunu gösterir. Yine de kuyruğun, kocaman gövdesini bize gösteremeyen aslana ait olduğundan şüphem yok. Aslanın üzerindeki bir bit, aslanı nasıl görüyorsa biz de evreni ancak o kadar görüyoruz.

Albert Einstein

Kozmologlar genellikle yanılırlar, ama doğru olduklarından hiç kuşku duymazlar.

Lev Landrau

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE
 THE JOURNAL OF THE

Birkaç yıl önce esir maddesinin var olmadığını ispatlayan Albert Michelson, 1894 yılında Chicago Üniversitesinde yaptığı bir konuşmada: “Fizik biliminin en önemli kanun ve gerçekleri ortaya çıkarılmıştır, ve bu gerçekler o kadar kesin bir şekilde ispatlanmıştır ki bunları tekrar sorgulamamızı gerektirebilecek yeni bir keşfin yapılma ihtimali çok düşüktür... Gelecekte yapılan keşifler ancak detayların detaylarında olabilir”, diyordu.

Gerçektende XIX. yüzyılın ikinci yarısı fizik için muhteşem bir zaman olmuştu ve doğanın birçok gizemi çözülmüştü; ancak yapılabilecek tek şeyin geçmişte yapılmış olan ölçümlerin daha titizlikle tekrarlanması olduğunu söylemek saçmalık olurdu. Michelson bu iddialı savının yıkıldığını görecektir kadar yaşayacaktı. Yirmi sene içinde kuantum ve nükleer fiziğin gelişmesi bilimin temellerini sarsacaktı. Dahası, kozmologlar evren anlayışlarını tekrar gözden geçirmek zorunda kalacaklardı.

XIX. yüzyılın sonlarında sonsuz ve değişmeyen bir evren anlayışı mevcuttu. Ancak 1920’li yılların bilim adamları, sürekli genişleyen ve birkaç milyar yıl önce oluşan bir evren modeli geliştirmek zorunda kalmışlardı.

Bilimsel düşüncede bu tür bir devrim ancak iki şekilde gerçekleşebilir. Birincisi teorisyenlerin, fizik kanunlarını farklı bir yönde kullanarak yepyeni bir sonuca ulaşmalarıyla olabilir. İkincisi de deneycilerin veya gözlemcilerin yeni bir şeyi görerek veya ölçerek eski varsayımları yıkmalarıyla olabilir. 1920’lerde kozmolojide yaşanan devrimin önemi mevcut sonsuz evren modeline her iki taraf-

tan da saldırılmasıydı. 2. bölümde anlattığımız gibi Georges Lemaitre ve Alexander Friedmann, teorik fiziği kullanarak sürekli genişleyen ve değişen bir evren tasarlamışlardı. Paralel bir şekilde, Edwin Hubble galaksilerin yaydığı ışıklarda oluşan kırmızıya kaymaları ölçerek evrenin genişlediğini göstermişti.

Friedmann, Hubble'ın gözlemlerinden haberdar olmadan ve haklı olduğu ispatlanamadan ölmüştü. Ancak Lemaitre daha şanslıydı. 1927'de yazdığı makalede galaksilerin Dünya'ya olan uzaklıklarıyla orantılı hızlarda, daha da uzaklaşmaları gerektiğini söylüyordu. İlk başta söylediklerini kanıtlayacak bir gözlem veya ölçüm olmadığı için makalesi pek rağbet görmedi ancak iki yıl sonra Hubble, galaksilerin gerçekten de Dünya'dan uzaklaştığını ispatlayan makalesini yayınlayınca Lemaitre, haklı çıkmıştı.

Lemaitre daha önceleri Arthur Eddington'a, Big Bang modeli hakkında bir yazı göndermişti ama hiç cevap alamadı. Hubble'ın keşfi gazetelere manşet olduktan sonra Lemaitre, Eddington'a tekrar bir yazı gönderdi. Bu sefer ünlü astrofizikçinin, onun teorisinin yeni keşfedilen verilerle tam uyumlu olduğunu görmesini umuyordu. George McVittie, o dönemde Eddington'ın öğrencisiydi ve hocasının tepkisini şöyle anlatıyordu: "Eddington, yüzü kızarak da olsa bana Lemaitre'den gelen ve daha önce çözdüğü soruyu tekrar hatırlatan bir mektup gösterdi. Eddington, Lemaitre'nin bir önceki mektubunu aldığını ama o ana dek unuttuğunu itiraf etti. Eddington, prestijli *Nature* dergisine yazdığı bir makalede Lemaitre'nin üç yıl önceki dâhiyane çalışmalarına atıfta bulunarak kendini affettirmeye çalıştı."

Geçmişte Lemaitre'nin çalışmalarını görmezden gelmişti ama şimdi bu teoriyi tanıtarak hatasını telafi etmeye çalışıyordu. *Nature* dergisinde yayınladığı makalenin yanı sıra, Lemaitre'nin çalışmalarını İngilizce'ye tercüme ederek Kraliyet Astronomi Topluluğu'nun aylık dergisinde yayınladı. Eddington, Lemaitre'nin çalışmalarını "dâhiya-

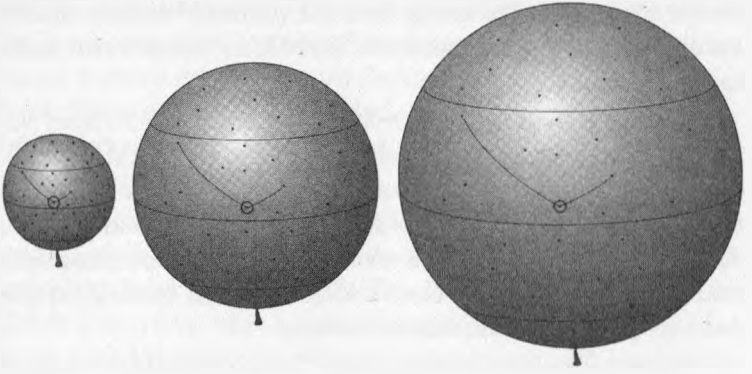
ne bir çözüm” ve “sorunun tam bir çözümü” olarak niteleyerek Lemaitre’nin modelinin Hubble’ın ölçümlerini açıkladığını belirtti.

Zaman içinde bilim dünyasında Lemaitre’nin ismi yayıldı ve Lemaitre’nin teorik öngörleriyle Hubble’ın ölçümlerinin birebir örtüşüyor olması yavaşça da olsa hayranlık kazandı. O zamana kadar bilim dünyasının çoğu Albert Einstein’ın sonsuz evren modelini benimsemişti, ama artık belirgin bir azınlık Lemaitre’nin modelinin çok daha güçlü olduğunu düşünüyordu.

Tekrar hatırlayacak olursak: Lemaitre genel izafiyet teorisinin (en saf haliyle), evrenin genişlediğini gösterdiğini söylüyordu. Eğer bugün evren genişliyorsa demek ki geçmişte daha yoğun bir haldeymiş. Mantıksal bir kurguda devam edersek evren çok yoğun bir durumdan, sonlu ve çok küçük olan ilk atomdan ortaya çıkmıştır. Lemaitre, ilk atomun belki sonsuz bir süre varolduktan sonra içinde bulunduğu denge durumunun bozulduğunu, atomun parçalanarak içeriğindeki her şeyi saçtığını savunur. Bu parçalanma durumunun başlangıcını evrenin tarihinin başlangıcı olarak saptar. Bu yaratılışın başlangıcıdır, Lemaitre’nin sözüyle: “Dünü olmayan gün”.

Friedmann’ın yaratılış anı düşüncesi, Lemaitre’den biraz farklıydı. Evrenin bir atomdan patlayarak ortaya çıktığını düşünmek yerine, Friedmann’ın Big Bang modeli her şeyin bir noktadan çıktığını belirtir. Yani tüm evren hiçbir şeyin içine sıkıştırılmıştı. Her iki durumda da yaratılış anı teorileri hâlâ son derece spekülatifti ve bir süre daha böyle kalacaklardı. Big Bang modelinin diğer özellikleri ise teorisinin savunucuları tarafından daha büyük bir rahatlıkla kabul ediliyordu.

Örneğin, Hubble tıpkı Big Bang modelinin tahmin ettiği gibi galaksilerin Dünya’dan uzaklaştıklarını gözlemlemişti, ancak Big Bang teorisyenleri galaksilerin uzayın içinde değil, uzayla birlikte hareket ettiklerine inanıyorlardı. Eddington bu ince noktayı, uzayı bir balonun yüzeyine benzeterek ve üç boyutlu uzayı daha basit bir şekilde



Şekil 64: Burada evren bir balonun yüzeyi gibi gösterilmektedir. Her bir nokta bir galaksiyi temsil eder ve daire içindeki nokta da Samanyolu'dur. Balon şiştikçe (evren genişledikçe), tıpkı Hubble'ın gözlemlediği üzere diğer noktalar bizden uzaklaşmış gibi görünürler. Bir galaksi bizden ne kadar uzaktaysa belirli bir zaman ölçeğinde daha da uzağa gider ve daha hızlıymış gibi görünür. Bu etkinin ölçeği yakında ve uzakta olan iki noktaya çizilen iki çizgiyle belirlenleştirilmeye çalışılmıştır.

anlatabilmek için iki boyuta indirgeyerek açıklıyordu. Balonun yüzeyinin noktalarla dolu olduğunu varsayalım bu noktaların her biri de galaksileri temsil etsin. Eğer balon iki katına gelecek kadar şişirilirse noktalar arasındaki mesafe de iki katına çıkacaktır, böylece de noktalar birbirlerinden uzaklaşmış olacaktır. Burada önemli olan konu, noktaların yüzey üzerinde hareket etmemesi, balonun yüzeyiyle birlikte hareket ediyor olmasıdır. Benzer şekilde galaksiler uzayda hareket etmiyorlar, galaksiler arası olan boşluk artıyor.

Her ne kadar üçüncü bölümde galaksilerin ışığının kırmızıya kayması galaksilerin uzaklaşması olarak açıklanmış olsa da artık bu kırmızıya kayma olayının sebebi uzayın genişlemesi olduğu ortadaydı. Işık dalgaları bir galaksiden yayılıp Dünya'ya doğru gelirken içinden geçtikleri uzay genişlediği için onlar da genişliyor, böylece dalga boyları uzuyor ve ışık daha kırmızı gibi geliyordu.

Her ne kadar ışığın bu kırmızıya kayma olayı, normalde dalgaları etkileyen Doppler etkisinden farklı olsa da bu durum yine de Doppler etkisi ile mantıklı bir şekilde anlaşılabilmektedir.

Eğer tüm uzay genişliyorsa ve galaksiler uzayda bulunuyorsa galaksilerin de genişlemeleri gerektiğini düşünebiliriz. Teorik olarak bu doğrudur, ancak pratik anlamda galaksilerin içindeki muazzam çekim kuvveti genişleme etkisini saf dışı bırakır. Bu yüzden galaksiler arası düzeyde uzayın genişlemesi etkiliyken galaksiler içindeki etkisi önemsizdir. Woody Allen'ın *Annie Hall* filminin başlangıcını hatırlayacak olursak Bayan Singer oğlu Alvy'yi depresyonda olduğu için bir terapistte götürür. Çocuk, doktora bir yerlerde evrenin genişlediğini okuduğunu, bu yüzden de çevresindeki her şeyin ondan uzaklaşıp yiteceğini düşündüğünü söyler. Ancak annesi oğlunun lafını böler: "Evrenin bununla ne alakası var? Sen Brooklyn'de yaşıyorsun! Brooklyn genişlemiyor ki!" Bayan Singer sonuna kadar haklıydı.

Balon benzetmesini ortaya attıktan sonra genel bir yanlış anlamayı düzeltebiliriz. Eğer bütün galaksiler Dünya'dan uzaklaşıyorlarsa bu Dünya'nın evrenin merkezinde olduğu anlamına mı gelir? Tüm evren sanki bizim şu anda yaşadığımız yerden genişlemeye başlamış gibi. Gerçekten de evrende bu kadar özel bir yerimiz mi var? Aslında bir gözlemci nerede bulunursa bulunsun kendini merkezdeymiş gibi hisseder. Balon örneğine geri dönecek olursak eğer, Samanyolu'nun da balonun üzerindeki noktalardan biri olduğunu düşünebiliriz. Balon şiştikçe diğer tüm noktalar bizden uzaklaşıyor gibi görünür. Fakat duruma başka bir noktanın bakış açısından bakarsak yine diğer tüm noktalar, bu ikinci noktadan uzaklaşıyor gibi görünürler. Yani bu nokta da kendisini evrenin merkezi gibi görür. Evrenin bir merkezi yoktur ya da her galaksi evrenin merkezi olduğunu iddia edebilir.

Albert Einstein, 1920'lerin ortalarında kozmolojiyle ilgilenmeyi bırakmıştı, fakat Hubble'ın gözlemleri Big Bang

teorisini destekleyince konuya tekrar döndü. 1931'de California Teknik Üniversitesi'ne (Caltech) düzenlediği bir ziyaret sırasında, ikinci eşi Elsa'yla birlikte Edwin Hubble'ın şeref konuğu olarak Mount Wilson Rasathanesini de gezdi. Dev 2.5 metrelik Hooker Teleskobunu incelediler ve astronomlar devasa teleskobun evreni tanımlamak için ne kadar önemli olduğunu anlattılar. Ancak Elsa pek etkilenmemişti: "Ne olmuş yani, benim kocam bunu eski bir zarfın arkasında bile yapabiliyor."

Oysa Einstein sadece teori üretebiliyordu ve teorilerin yanlış olma ihtimali vardır. Bu yüzden pahalı deneylere ve büyük teleskoplara ihtiyaç duyulmaktadır çünkü sadece onlar vasıtasıyla iyi teorileri, kötü teorilerden ayırt edebiliriz. Einstein'ın geçmişte eski bir zarf arkasında yaptığı hesaplar statik bir evren olduğunu iddia ediyordu, ama Hubble'ın yaptığı gözlemler gerçeğin böyle olmadığını gösterdi. Böylece gözlemlerin, teorileri yargılama gücü de daha aşikâr oldu.

Einstein, Mount Wilson'da kaldığı sürede Hubble'ın asistanı Milton Humason'la da biraz vakit geçirdi. Milton, Einstein'a birkaç fotoğraf plakasını ve üzerlerindeki galaksileri gösterdi. Aynı zamanda Einstein'a galaksilerin spektrumlarını ve bu spektrumlardaki sistematik kırmızıya kaymayı da gösterdi. Einstein daha önceden Hubble ve Humason'ın yayınladığı makaleyi okumuştı; ama şimdi verilerin kaynağını görebiliyordu. Sonuç kaçınılmaz görünüyordu. Yapılan gözlemler evrenin genişlediğini ve galaksilerin uzaklaştığını gösteriyordu.

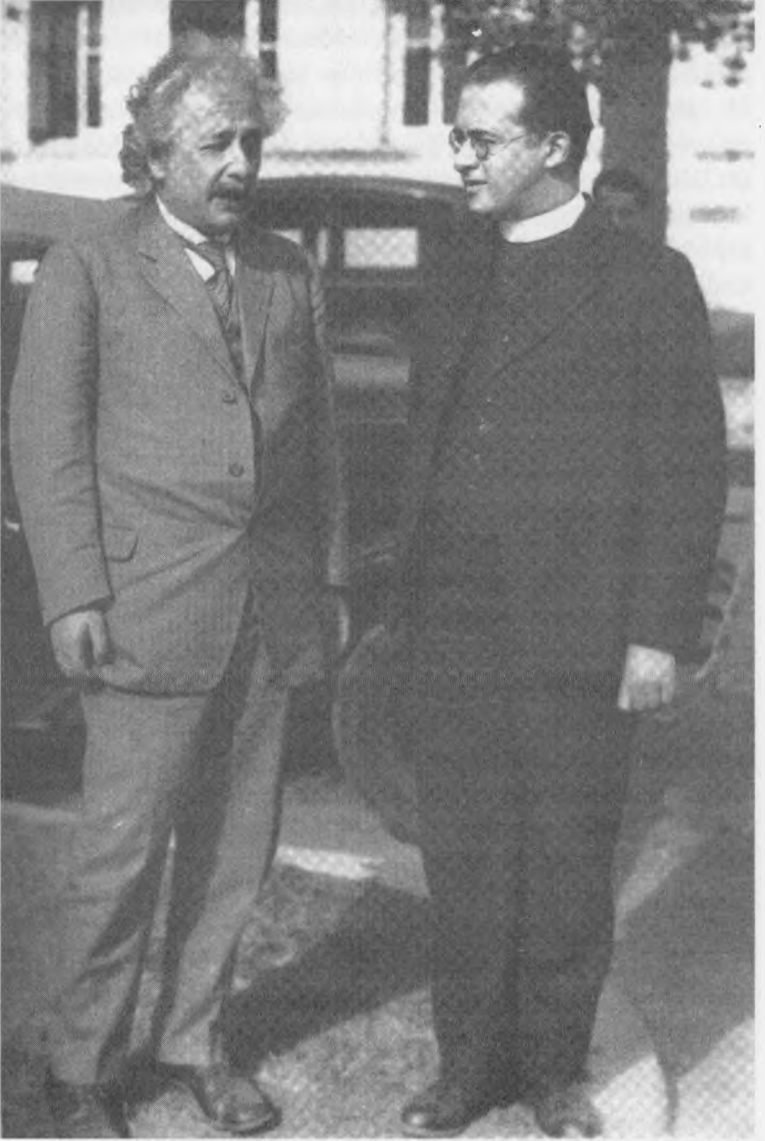
3 Şubat 1931'de Einstein, Mount Wilson Rasathanesi'nin kütüphanesinde toplanan gazetecilere bir açıklama yaptı. Açıkça eski statik evren anlayışını reddetti ve genişleyen bir evren olduğunu söyleyen Big Bang modelini kabul etti. Yani Hubble'ın gözlemlerini ikna edici buldu ve Lemaitre'yle Friedmann'ın başından beri haklı olduğunu itiraf etti. Dünyanın en ünlü dahisi fikrini değiştirip Big Bang'i savununca gazeteciler, evrenin genişlediğinin resmi olarak kabul edildiğini yazdılar. Hubble'ın memleke-

tindeki yerel gazete YILDIZLARI İZLEMEK İÇİN OZARK DAĞLARINI BIRAKAN GENÇ, EINSTEIN'A FİKRİNİ DEĞİŞTİRTTİ şeklinde bir manşet attı.

Einstein, statik evren modelini reddetmekle kalmadı, genel izafiyet teorisinin formülünü de tekrar gözden geçirdi. Hatırlayacak olursanız Einstein'ın orijinal formülü, çekim etkisini doğru bir şekilde açıklıyordu, ancak bu çekim kuvveti zamanla evrenin kendi içine çökmesini sağlayabilirdi. Evrenin sonsuz ve statik olması gerektiği için formülüne kozmoloji sabitini eklemiş ve uzak mesafelerde etkili olan bir tepki kuvveti olduğunu varsayarak evrenin kendi içine çökmesini engellemişti. Artık evren statik olmadığına göre Einstein kozmoloji sabitini çıkarttı ve genel izafiyet teorisinin ilk haline geri döndü.

Einstein kozmoloji sabitinden hep rahatsız olmuştu ve bu sabiti formülüne eklemesinin tek sebebi herkesin kabul etmiş olduğu sonsuz ve statik evren modeline uyum sağlamaktı. Kabul edilen varsayımlar görünüşe göre onu yoldan çıkarmıştı. Bir fizikçi olarak kariyerinin başlarında ve entelektüel zirvesindeyken Einstein, her zaman içgüdülerini dinlemiş ve otoriteye karşı gelmişti. Meslektaşlarının baskısına boyun eğdiği tek olaydaysa haksız olduğu ortaya çıktı. İlerde kozmoloji sabitini hayatının en büyük çuvallaması olarak değerlendirecekti. Lemaitre'ye yazdığı bir mektupta: "Bu terimi formülüme koyduğum ilk günden beri beni rahatsız ediyordu... Bu kadar çirkin bir şeyin doğada var olabileceğine inanamıyorum." diyordu.

Her ne kadar Einstein kozmoloji sabitini unutmayı çok istese de sonsuz ve statik bir evren modeline hâlâ inanan kozmologlar, kozmoloji sabitinin genel izafiyet teorisinin hâlâ önemli bir parçası olduğuna inanıyorlardı. Hatta Big Bang modelini savunan bazı kozmologlar bile kozmoloji sabitini hemen bırakmak istemiyordu. Kozmoloji sabitinin değeriyle oynayarak Big Bang'in teorik modelleriyle oynayabiliyor ve evrenin genişleme hızını değiştirebiliyorlardı. Kozmoloji sabiti, çekim kuvvetine karşı gelen



Şekil 65: Albert Einstein ve Georges Lemaitre, 1933'te Pasadena'da Big Bang modeli ve Hubble'ın gözlemleri üzerine düzenlenen seminer için bir araya gelmişlerdi.

bir etki yarattığı için evrenin daha hızlı genişlemesini sağlıyordu.

Kozmoloji sabitinin değeri ve geçerliliği Big Bang teorisinin savunucuları arasında tartışma yaratırken Lemaitre ve Einstein birlikte, bir tavır koydular. İki fizikçi, Ocak 1933'te Mount Wilson Rasathanesi'nin düzenlediği bir konferansta, Pasadena'da bir araya geldiler. Lemaitre konferansta, Edwin Hubble'ın da aralarında olduğu önemli astronom ve kozmolog davetlilere Big Bang modeli anlayışını takdim etti. Her ne kadar akademik bir konferans olsa da Lemaitre fiziğin içine şiirsel imgeler eklemekte sakınca görmedi. Özellikle çok sevdiği havai fişek benzetmesini kullandı: "Her şeyin başlangıcında inanılmaz güzellikte havai fişekler vardı. Ardından bir patlama oldu ve uzay dumanla doldu. Yaratılışın doğumunu hayal etmekten fazlasını yapamayacak kadar geç kaldık."

Her ne kadar Einstein daha az imge ve daha çok matematiksel detay beklemiş olsa da Lemaitre'nin öncü çalışmalarına gereken değeri verdi: "Yaratılış hakkında duyduğum en güzel ve en tatmin edici açıklama budur". Daha altı yıl önce Lemaitre'nin fiziğine "acınası" diyen bir adamdan gelen gerçek bir övgü.

Einstein'ın desteği, Lemaitre'nin bilim dünyasındaki ve genel anlamda şöhretinin başlangıcı oldu. Einstein'ın yanıldığını gösteren ve daha teleskoplar kaçışan galaksileri gözlemlmeden, evrenin genişlediğini görebilen adam sonuçta Lemaitre'ydi. Lemaitre dünyanın her köşesine konuşma yapması için çağırılıyor ve birçok uluslararası ödül kendisine veriliyordu – gerçekten nadir olan, ünlü bir Belçikalı olma onurunu taşıyordu. Popülerliğinin ve sıra dışılığının bir sebebi de hem rahip hem de fizikçi olmasıydı. 1933 Pasadena konferansını yazan *New York Times* muhabiri Duncan Aikman, "Lemaitre'nin görüşünün ilginç olmasının sebebi Katolik bir rahip olması değil, çağımızın en önde gelen matematiksel fizikçilerinden biri olması da değil; hem rahip hem de fizikçi olmasıdır", diyordu.

Galileo gibi Lemaitre de Tanrı'nın insanlara sorgulayan bir akıl bahşettiğini ve Tanrı'nın bilimsel kozmolojiye karşı gelmeyeceğini düşünüyordu. Aynı zamanda Lemaitre, fiziği ve dinini ayrı tutuyordu ve dini görüşlerinin kozmolojisini etkilemediğini savunuyordu. "Yüzlerce profesyonel ve amatör bilim adamı İncil'in bilim öğrettiğini düşünüyorlar", diyordu. "Bu, binom teorilerinin dini dogma içerdiğini düşünmekle eşdeğerdir."

Yine de bazı bilim adamları, teolojinin rahibin kozmolojisini negatif bir şekilde etkilediğini düşünmeye devam ettiler. Bu din karşıtı grup, Lemaitre'nin ilk atomdan yaratılma teorisinin Tanrı'nın varlığını ispatlamak için yapılmış yarı-bilimsel bir çaba olduğunu ve Yaratılış ayetlerinin modern bir versiyonu olduğunu söylüyordu. Lemaitre'nin yanlış olduğunu ispatlamak için Lemaitre'yi eleştirenler, Big Bang hipotezindeki önemli bir kusuru işaret ettiler. Hubble'ın yaptığı gözlemlere göre uzaklık ve hız verileri 2 milyar yıldan daha genç bir evren olduğunu gösteriyordu. Zamanın jeoloji araştırmaları Dünya'daki bazı kayaların yaşını 3.4 milyar olarak hesapladığına göre en azından 1.4 milyar yıllık bir boşluk vardı. Big Bang evren modeli, evrenin Dünya'dan daha genç olduğunu söylüyordu.

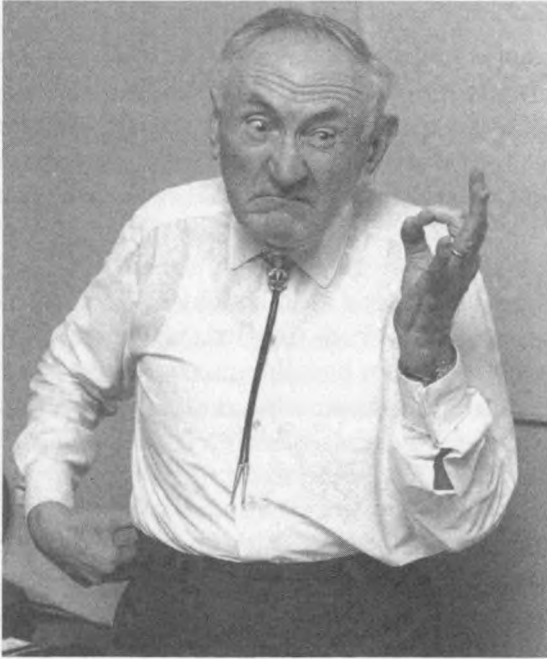
Big Bang modelini eleştirenlere göre Lemaitre'nin modelindeki en büyük kusur, evrenin sonlu olmasıydı. Eleştirmenler evrenin sonsuz ve değişmez olduğunu söylüyor; Big Bang modelini ise saçmalık olarak görüyorlardı. Bilimsel kurum hâlâ bu görüşteydi.

Ancak var olan bilimsel görüş sadece arkasına yaslanıp Big Bang teorisine saldıramazdı, onlar da en son yapılan gözlemleri sonsuz evren modeli içinde açıklamak zorundaydı. Hubble'ın gözlemleri açıkça, galaksilerin uzaklaştığını gösteriyordu; bu yüzden Big Bang'i eleştirenler bunun, geçmişte bir yaratılış anının olduğunu kanıtlamadığını göstermek zorundaydılar.

Hubble kanununun sonsuz bir evren anlayışına göre yorumlayan ilk kişi Oxfordlu astrofizikçi Arthur Mil-

ne'ydi. Milne'nin, kinematik izafiyet de denilen teorisine göre galaksilerin uzaydaki hızları farklı farklıydı; bazıları çok yavaş hareket ederken bazıları da çok hızlıydı. Milne uzaktaki galaksilerin daha hızlı olmalarının doğal olduğunu, daha hızlı oldukları için o kadar uzakta olabildiklerini savunuyordu. Milne'ye göre galaksilerin uzaklıklarıyla orantılı bir hızda ilerlemelerinin sebebi patlayan bir ilk atom değildi. Ona göre bunun sebebi, boşlukta hareket eden nesnelere dokunulmadığı zaman oluşan doğal bir durumdur. Bu savunma çok da inandırıcı değildi, ama başka astronomların da Hubble'ın gözlemlerini sonsuz bir uzay bağlamında düşünmelerini sağladı.

Big Bang modelini en çok eleştirenlerden biri de, astronomlar arasında farklılığı ve dik kafalılığıyla ün yapan Bulgaristan doğumlu Fritz Zwicky'di. 1925'te Nobel ödül-



Şekil 66: Hubble'ın ölçtüğü kırmızıya kaymaları açıklamak için bulunan, yanlış bir teori olan “yorgun ışık”ın mucidi, Fritz Zwicky.

l  Robert Millikan tarafından Caltech  niversitesi'ne ve Mount Wilson Rasathanesi'ne davet edilmişti ve Zwicky, Millikan'ın hayatında hiçbir zaman iyi bir fikir bulamadı ını söyleyerek minnetini ifade etmişti. Tüm meslektaşları onun sivri dilinden nasibini almıştı ve birçoğu onun en sevdiği hakaret olan "küresel pi " sözüyle yaftalanmıştı. Nasıl ki bir küreye nereden bakacak olursanız olun bir küre görürsünüz, küresel bir pi  de nerden bakarsanız bakın pi tir.

Zwicky, Hubble'ın verilerini inceledikten sonra galaksilerin aslında hiç hareket etmediklerini savundu. Galaksilerin yaydıkları ışıkta gözlenen kırmızıya kaymayı gezegenlerden veya yıldızlardan yayılan tüm ışığın enerji kaybetmesine başladı. Örneğin, Dünya'dan yukarı doğru bir taş atacak olursanız bu taş, Dünya'nın yüzeyini enerji ve hızla terk eder. Ancak Dünya'nın çekim kuvveti taşın kinetik enerjisini azaltır, taşı yavaşlatır ve Dünya'ya geri çeker. Benzer şekilde bir galaksiyi terk eden ışığın enerjisi de galaksinin çekim gücünden etkilenecektir. ışığın hızı sabit olduğu için ışık yavaşlayamaz, bu yüzden enerji kaybı dalga boylarının artmasına sebep olur ve daha kırmızı görünmesini sa lar. Kısaca, evrenin genişlemedi ini söyleyen başka bir açıklama da budur.

ışığın kırmızıya kaymasının sebebi olarak galaktik çekim kuvvetini ortaya atan Zwicky'nin bu teorisine, *yorgun ışık teorisi* adı verildi. Yorgun ışık teorisinin en önemli sorunu bilinen fizik kurallarının bu teoriyi desteklemesiydi. Yapılan hesaplamalar, çekim kuvvetinin ışık üzerinde bir etkisi olacağını ve dalga boylarında bir artış olmasını sa layaca ını, ama bunun Zwicky'nin umdu u kadar olmayacağını gösteriyordu. Buna karşılık olarak Zwicky gözlemlerin abartılı olduğunu iddia etti. Bununla da kalmadı, Hubble ve Humason'ın d r stl   nden şüphe ettiğini, Dünya'nın en iyi teleskobunu kullanmalarına rağmen ellerindeki gücü kötüye kullandıklarını söyledi. Zwicky "Rasathanedeki genç dalkavuk asistanları onların hatalarını gizleyip gözlerine girmeye çalışıyordu" diyordu.

Her ne kadar sivri dilli ifadeleri birçok bilim adamının ondan uzaklaşmasını sağladıysa da onun yorgun ışık teorisini destekleyen birkaç bilim adamı yine vardı. Fizik kurallarının görünüşte bu teoriyi desteklememesi de onlar için çok önemli değildi, çünkü araştırma konusunda Zwicky'nin çok iyi bir ünü vardı. Gerçekten de kariyeri boyunca süpernovalar ve nötron yıldızları konusunda çığır açıcı çalışmalar gerçekleştirdi. Hatta yıllar öncesinden karanlık maddenin varlığını tahmin etmişti. Gizemli ve görünmez olan bu maddenin varlığına ilk başlarda gülünüp geçilmişti ama günümüzde varlığı kabul edilmektedir. Yorgun ışık teorisi de benzer şekilde gülünç gelmişti ama belki ilerde onun da gerçek olduğu ortaya çıkabilir.

Fakat Big Bang teorisini destekleyenler, yorgun ışık fikrini tamamen reddettiler. Gözlemlenen kırmızıya kaymanın sadece ufak bir kısmının bu şekilde oluşabileceğini savundular. Big Bang teorisini destekleyenler adına Arthur Eddington, Zwicky'nin teorisindeki yanlışları özetledi: "Işık garip bir şeydir, yirmi yıl önce düşündüğümüzden daha garip bir şey; ama Zwicky'nin iddia ettiği kadar garip olduğunu hiç sanmıyorum." Einstein'ın izafiyet teorisi ışık anlayışımızı değiştirmişti, ama Hubble'ın gözlemlediği kırmızıya kaymaları yorgun ışıkla açıklamanın olanağı yoktu.

Her ne kadar Eddington, Zwicky'nin yorgun ışık teorisini değil de Lemaitre'nin Big Bang teorisini desteklese de evrenin başlangıcı konusunda açık görüşlü olmaya devam ediyordu. Eddington, Lemaitre'nin fikirlerinin önemli olduğunu ve daha geniş bir kitleye hitap etmesi gerektiğini düşünüyordu; bu yüzden büyük dergilerde onun hakkında yazıyor ve onun eserlerini çeviriyordu. Yine de tüm evrenin bozulmaya başlayan bir ilkel atomun patlamasıyla ortaya çıktığına tam olarak ikna olamamıştı: "Felsefi olarak günümüzdeki doğa düzeninin bir başlangıcı olması bence itici bir görüş... Bir bilim adamı olarak evrenin bir patlamayla ortaya çıktığına inanamıyorum..." Eddington'a göre Lemaitre'nin yaratılış modeli estetiklikten uzaktı.

Sonuçta Eddington, Lemaitre'nin modelinden yola çıkarak kendi modelini oluşturdu. Lemaitre'nin ilkel atomuna benzer bir şekilde küçük ve yoğun bir evrenle başladı ama bu evrenin birden patlayarak genişlemesi yerine yavaş yavaş başlayan ama günümüze gelene dek hızlanan bir genişlemeyi tercih etti. Lemaitre'nin genişleme anlayışı aniden ve şiddetle patlayan bir bomba gibiydi, Eddington'ınki ise bir çığ gibi yavaş başlayıp sonra hızlanıyordu. Karlarla kaplı bir dağ, aylarca sakın bir şekilde durabilir. Hafif bir rüzgâr, bir kar tanesini, o da bir buz kristalini yerinden oynatır ve bu kristal de başka bir kristalin üzerine düşer. Kar taneleri yuvarlanarak küçük bir kartopu oluşturmaya başlar, kar topu dağdan yuvarlandıkça daha çok kar toplamaya ve büyümeye başlar, en sonunda da tam bir çığ gerçekleşir.

Eddington, Big Bang yerine kendi modelini niye tercih ettiğini şöyle açıklar: “Evrenin kararsız bir denge durumundaki ilkel yoğunluktan yavaşça değişmeye başladığını düşünmekte en azından felsefi olarak tatmin edici bir yön var.”

Eddington aynı zamanda kendi bakış açısıyla bakıldığında hiçbir şeyden oluşan şeylerin açıklanabileceğini savunuyordu. Öncelikle evrenin her zaman var olduğu düşüncesiyle başlıyordu. Zamanda yeterince geçmişe gidersek ilelebet var olmuş, tamamen pürüzsüz ve yoğun bir evrenle karşılaşacağımızı söylüyordu. Ardından Eddington, böyle bir evrenin hiçlikle eşdeğer olduğunu iddia etti. “Bence *hiç farkı olmayan benzerlik* ve *hiçlik*, felsefi olarak ayırt edilemezler.” Hayal edebileceğiniz en ufacık değişim – bir çığı başlatan kar kristalinin eşdeğeri – evrenin simetrisini kırarak bugün şahit olduğumuz genişlemeye yol açan bir zincirleme reaksiyona sebep olmuştur.

1933'te Eddington, *Genişleyen Evren* adında popüler bir kitap yayınladı. Sadece 126 sayfa içinde, kozmolojide yaşanan son gelişmeleri anlatmayı hedefliyordu. Kitap boyunca uçarı bir tavırla, genel izafiyeti, Hubble'ın gözlemlerini, Lemaitre'nin ilkel atom düşüncesini ve kendi fikir-

lerini anlatıyordu. Örneğin, tüm galaksiler uzaklaştığı için, Eddington galaksiler gözden kaybolmadan astronomların daha iyi teleskoplar yapmaları gerektiğini söylüyordu. Yine alaycı bir yaklaşımla Hubble'ın gözlemlerinin içini dışına çeviriyordu: "Değişim görecelidir. Evren bizim genel maddesel standartlarımıza göre genişliyor; bizim maddesel standartlarımız evrenin boyutlarına göre küçülüyor. 'Genişleyen evren' teorisine 'küçülen atom' teorisi de diyebiliriz... Genişleyen evren modeli bizim egosantrik bakış açımızın bir başka örneği değil midir? Gerçekten de evren standart olmalı ve kendi değişimlerimizi ona göre ölçmeliyiz."

Daha ciddi bir biçimde Eddington, Big Bang modelinin durumunun bir özetini sunuyordu. Bir yaratılış anı olduğunu destekleyen önemli teorik sebepler ve ikna edici gözlemsel kanıtlar olduğunu, ancak Big Bang modelinin geniş kabul görmesi için daha yapılması gereken çok iş olduğunu söylüyordu. Hubble'ın kırmızıya kayma gözlemlerini "çok büyük etkileri olan sonuçlara varmak için çok zayıf" olarak niteliyordu. İspatlama görevi kuşkusuz Big Bang modelini savunanlara düşüyordu ve Eddington onları gidip daha fazla delil toplamaya çağırıyordu.

Bilimsel görüş hâlâ eski sonsuz ve statik evren modelini benimserken, Big Bang modelini savunanlar gelecekte gerçekleşecek çatışmaya kendilerini hazırladılar ve muhafazakârlarla gerçekleşecek tartışmada olgun bir savunma yapabilecekleri bilgisiyle güçlendiler. Kozmoloji artık mitlerle, dinle ve dogmayla dolu değildi; ve yirminci yüzyılın gelişmiş teleskoplarının vaat ettiği gözlemler, bir teoriyi desteklerken diğerini yıkabilecek güce sahip olduğu için kozmoloji önemli insanların görüşlerinden daha az etkilenmekteydi.

Eddington'ın kendisi Big Bang teorisinin bir versiyonunun galip geleceğinden emindi. Kitabının sonlarına doğru Big Bang modelinin 1930'ların başlarındaki durumunu göstermek için şunları söylüyordu:

"Bu hikâyenin ne kadarına inanabiliriz? Bilimin sergi salonları ve atölyeleri vardır. Günümüzde halk denenmiş ürünlerin sergilendiği salonları gezmekle yetinmek istemiyor, atölyelerde nelerin hazırlandığını da bilmek istiyorlar. Bilimin atölyelerini gezebilirsiniz, ancak gördüklerinizi sergi salonunda gördüklerinizle kıyaslamayın. Bilim dünyasının bodrumunda bulunan bu atölyeyi gezdik. Işığımız az olduğu için bazen tökezliyoruz. Etrafımızda toparlamaya vakit bulamadığımız bir dağınıklık var. İşçiler ve makineleri karanlık içinde gizli. Fakat burada büyük bir şeyin hazırlandığından eminim, ama tamamlanıp sergi salonunda gösterilmeye hazır olduğunda nasıl bir şey çıkacağını tam olarak bilmiyorum."

Kozmik Düzeyden, Atomik Düzeye

Big Bang modelinin kabul edilmesi için alakasız gibi görülse de görmezden gelinemeyen bir soru vardı: Neden bazı maddeler diğerlerinden daha fazla bulunur? Kendi gezegenimize baktığımız zaman, Dünya'nın çekirdeğinin demirden olduğunu, kabuğunda çoğunlukla oksijen, silikon, alüminyum ve demir olduğunu görüyoruz; okyanuslarda ise genellikle hidrojen ve oksijen bulunmakta (H_2O , yani su), atmosferi ise genellikle nitrojen ve oksijenden oluşmaktadır. Tarama alanımızı biraz genişletecek olursak bu dağılımın evrenin standardı olmadığını görürüz. Yıldız ışığını spektroskopi ile incelediğimiz zaman, evrende en çok bulunan maddenin açık arayla hidrojen olduğunu görmekteyiz.

Evrende en çok bulunan bir sonraki madde ise helyumdur ve hidrojenle helyum birlikte evrende ezici bir çoğunluğa ulaşırlar. Bunlar aynı zamanda en küçük ve hafif elementler olduğu için astronomlar, evrenin çoğunlukla küçük atomlardan oluşmasını garipsiyorlardı. Elementlerin evrendeki dağılımı aşağıdaki listede de açıkça gösteril-

mektedir. Bu değerler günümüzde gerçekleştirilen ölçümlerle hesaplanmıştır, ama 1930'daki tahminlerin çok da uzağında değiller:

Element	Evrendeki Göreceli Bolluğu ¹
Hidrojen	10,000
Helyum	1,000
Oksijen	6
Karbon	1
Tüm diğerleri	1'den az

Hidrojen ve helyum atomları birlikte evrendeki atomların yaklaşık % 99.9'unu oluşturmaktadır. En hafif olan iki element fazlasıyla bolken orta ağırlıkta olan diğer atomlara çok daha az rastlanıyor, altın ve platin gibi çok ağır olan atomlar ise gerçekten çok nadir.

Bilim adamları hafif ve ağır atomlar arasında neden bu kadar büyük bir fark olduğunu merak etmeye başladılar. Sonsuz bir evren modelini destekleyenler düzgün bir cevap veremiyorlardı; evrenin her zaman bu oranda atomdan oluştuğunu ve bu oranın her zaman sabit kalacağını söylüyorlardı. Atomların bolluk oranı evrenin kendine has bir özelliğiydi. Çok tatmin edici bir açıklama olmasa da bu cevabın da kendi içinde bir tutarlılığı var.

Ancak Big Bang modelini savunanlar için atomların oranı sorusu daha problematiktir. Eğer evren bir yaratılış anı sonrasında meydana gelmişse, neden altın ve platin yerine hidrojen ve helyum üreterek meydana gelmişti? Yaratılış süreci neden ağır elementler yerine hafif elementler üretmeyi tercih ediyordu? Sebebi her ne olursa olsun, Big Bang modelini savunanlar bu sorunun açıklamasını bulup Big Bang modeliyle uyumlu olduğunu göstermek

1. Evrendeki her 10,000 hidrojen atomuna karşılık 1000 helyum atomu, 6 oksijen atomu, 1 karbon atomu bulunmaktadır. Diğer elementlerin atomları 1'den de azdır.

ni atan ve Big Bang modelini savunanların evrenin neden hidrojen ve helyum atomlarıyla dolu olduğunu açıklamasını sağlayan fizikçileri inceleyeceğiz.

Atomu anlama çabaları fizikçiler ve kimyagerler 1896'da keşfedilen radyoaktiviteyle karşılaştığı zaman doruğa çıktı. Uranyum gibi en ağır atomlardan bazılarının radyoaktif olduğu, yani radyasyonla yüksek dozda enerji saldıkları ortaya çıktı. Bir süre kimse radyasyonun ne olduğunu ve neyin radyasyona neden olduğunu anlayamadı.

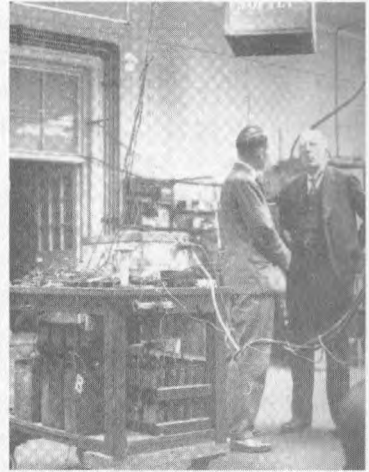
Radyoaktivite araştırmalarının öncüsü Marie ve Pierre Curie'ydi. Uranyumdan bir milyon kat daha radyoaktif olan radyum gibi yeni radyoaktif elementler keşfettiler. Radyumun radyoaktivite salınımları zamanla etrafındaki nesnelere yayılır ve bu enerji, ısıya dönüşür. 1 kilo radyum, 1 litre suyu yarım saatte kaynatabilir ve daha da fazlası radyoaktivitesi neredeyse hiç eksilmez; yani bir kilo radyum binlerce yıl boyunca her yarım saatte bir yeni bir litre suyu kaynatabilir. Her ne kadar bir patlayıcıyla kıyaslandığı zaman radyum çok daha yavaş enerji yaysa da eşit ağırlıktaki bir dinamitten bir milyon kat daha fazla enerji yayma kapasitesine sahiptir.

Yıllarca kimse radyoaktivitenin ne kadar tehlikeli olduğunu anlamadı ve radyum gibi elementlere bilim adamları saf bir iyimserlikle baktılar. Birleşik Devletler Radyum Şirketinden Sabin von Sochocky, radyumun evlerde kullanılacağını düşünüyor ve "Şüphesiz ki bir gün evinizin bir odası tamamen radyumla aydınlatılacak. Duvarlarda ve tavandaki radyum boyası hafif ay ışığı gibi odanızı aydınlatacak," diyordu.

Pierre ve Marie Curie'nin derilerinde yaralar ve hastalıklar çıkmıştı ama yine de araştırmalarına devam ediyorlardı. Yıllarca radyuma maruz kaldıktan sonra defterleri o kadar radyoaktif olmuştu ki bugün bu defterler kurşun muhafazalarda korunmaktadır. Madam Curie'nin parmakları sıklıkla radyum tozuna bulanıyordu ve bu yüzden defterleri görünmez radyoaktif izlerle doluydu.

Defterlerin arasına yerleştirilen bir fotoğraf filmiyle Madam Curie'nin parmak izleri görülebilirdi. Sonunda Madam Curie lösemiden öldü.

Curielerin ufak Paris laboratuvarlarında yaptıkları fedakarlıklar sadece atomun içinde ne olduğunu anlamadığımızı bize daha iyi bir şekilde gösterebildi. Sanki bilim adamlarının bilgisi geriye doğru gidiyordu, daha birkaç yıl önce periyodik cetvel sayesinde maddenin yapı taşlarını tamamen anladıklarını iddia ediyorlardı. 1869 yılında Rus kimyager Dmitri Mendeleev, o zamana kadar bilinen bütün elementlerin, hidrojenden uranyuma bir çizelgesini çıkarmıştı. Periyodik cetvelin içindeki elementleri farklı oranlarda birleştirip Güneş'in altındaki, içindeki ve öte-



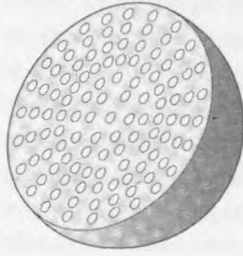
Şekil 68: Ernest Rutherford'un bu fotoğrafı otuzlu yaşlarındayken çekilmişti. Fizikçilerde sık rastlandığı gibi o da kimyagerlerden hoşlanmıyordu. Örneğin Nobel ödüllü fizikçi Wolfgang Pauli, karısı onu bir kimyager için terk edince sinirden deliye dönmüştü: "Bir matak için beni terk etmiş olsa anlayabilirdim, ama sıradan bir kimyager için..." İkinci fotoğrafta Cavendish Laboratuvarı'nda John Ratcliffe ve daha yaşlı bir Rutherford gösterilmektedir. İkilinin üzerindeki LÜTFEN SESSİZ OLUN yazısı Rutherford yüzünden konulmuştu, çünkü Rutherford çalışırken olanca sesiyle şarkı söyleyip laboratuvarın hassas aletlerini bozuyordu.

sindeki her maddeyi açıklamak mümkündü. Örneğin iki hidrojen ve bir oksijen atomu birleşip suyu yani H_2O 'yu oluşturunuyordu. Ancak Curieler bazı atomların içinde inanılmaz bir enerji kaynağı olduğunu göstermişlerdi ve periyodik cetvel bu durumu açıklayamıyordu. Aslında kimse bir atomun içinde olan biteni tam anlamıyla bilmiyordu. On dokuzuncu yüzyıl bilim adamları atomu basit bir küre olarak düşünmüşlerdi ama radyoaktiviteyi açıklayabilmek için atomun biraz daha karmaşık olduğunu kabul etmek gerekiyordu.

Bu problemi çözmeye uğraşan fizikçilerden biri de Yeni Zelandalı Ernest Rutherford'dı. Meslektaşları ve öğrencileri tarafından çok seviliyordu ama aynı zamanda çok otoriter, kibirli ve asabi bir kişiliğe sahipti. Örneğin Rutherford, tek önemli bilim dalının fizik olduğunu söylüyordu. Evrenin derin ve anlamlı bir açıklamasının sadece fizikle anlaşılabilceğini düşünüyordu; diğer bilim dalları ise ona göre ölçüm yapmak ve kataloglamakla meşguldü. Bir keresinde: "Bilim, fizik ve pul koleksiyonculuğu olarak ikiye ayrılır" demişti. Ancak 1908'de Nobel Komitesi kendisine kimya ödülünü verince tükürdüğünü yalamak zorunda kaldı.

1900'lerin başında Rutherford araştırmalarına başladığı sırada atom algısı on dokuzuncu yüzyıldaki halinden çok az değişmişti. Atomların eksi ve artı yüklü iki bileşkeni olduğuna inanılıyordu. Zıt kutuplar birbirlerini çektikleri için bu maddeler atomun içinde sabit kalıyordu. Ardından, 1904'te Cambridgeli fizikçi J. J. Thomson, atom pudingi modeli olarak bilinen bir model önerdi. Şekil 69'da gösterildiği gibi, bu modele göre negatif yüklü partiküller pozitif yüklü hamur gibi bir maddenin içinde yer alıyordu.

Radyoaktivitenin bir çeşidinde pozitif yüklü olduğu görülen alfa partiküllerinin salındığı alfa radyasyonu yayılır. Zamanın bilim adamları, bunu atomun pozitif yüklü hamurunun bir kısmının parçalanıp atılması olarak yorumluyordu. Bu hipotezi ve atom pudingi modelini test et-

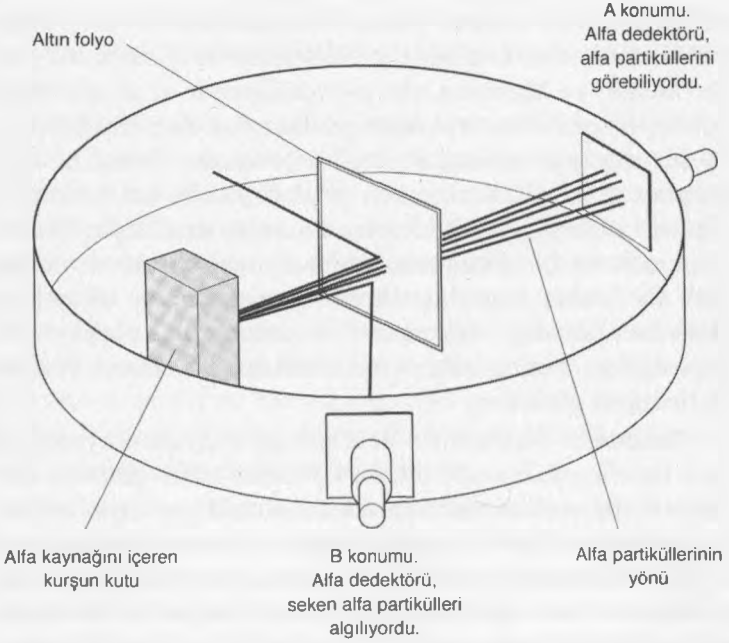


Şekil 69: Şekilde J. J. Thomson'ın atom pudingi modeli gösterilmektedir. Bu modele göre her bir atom pozitif yüklü bir hamurdan ve onun içindeki negatif yüklü elektronlardan oluşuyordu. Bir hidrojen atomunda pozitif yüklü az miktarda hamur ve içinde bir tane negatif yüklü partikül bulunurken bir altın atomunda pozitif yüklü çok miktarda hamur ve içinde negatif yüklü birçok partikül bulunur.

mek için Rutherford, bir deney tasarladı. Bir atomun yaydığı alfa partiküllerini başka bir atoma yöneltecekti, yani bir atomu alfa partikülü bombardımanına tutacaktı.

1909'da Rutherford iki genç fizikçiden –Hans Geiger ve Ernest Marsden– bu deneyi yapmalarını talep etti. Geiger gelecekte radyasyonu ölçen Geiger cihazını icat ederek meşhur olacaktı, ancak şu anda ikili en ilkel ekipmanlarla çalışmak zorundaydılar. Alfa partiküllerinin varlığını anlamamanın tek yolu, partiküllerin geleceği yere çinko sülfat bir plaka yerleştirmekti. Alfa partikülleri, çinko sülfat yüzeye çarptıklarında ufak bir ışık çıkarıyorlardı, ama bu ufak ışığı görebilmek için Geiger ve Marsden, yarım saat boyunca gözlerini karanlığa alıştırmak zorundaydılar. Bu durumda bile ışığı görebilmek için, çinko sülfat plakayı bir mikroskopla izliyorlardı.

Deneyin en önemli araçlarından biri de her yöne alfa partikülleri saçan bir radyum örneği idi. Geiger ve Marsden radyumun etrafına dar bir deliği olan kurşun bir kutu koydular, böylece alfa partiküllerinin nereye doğru gittiğini kontrol edebiliyorlardı. Ardından, Şekil 70'te gösterildiği gibi alfa partikülü bombardımanının önüne altın



Şekil 70: Ernest Rutherford, meslektaşları Hans Geiger ve Ernest Marsden'den alfa partiküllerini kullanarak atomun yapısını araştırmalarını istemişti. Deneylerinde alfa partikülü kaynağı olarak radyumu kullandılar. Kurşun bir kutunun üzerindeki dar delik, alfa partiküllerini altın folyoya doğru yönlendiriyordu. Folyonun arka tarafındaki bir alfa partikülü detektörü de alfa partiküllerinin ne kadar yön değiştirdiğini görebilmek için oynatılabiliyordu.

Alfa partiküllerinin çoğu altın folyonun içinden geçerek A konumundaki detektöre neredeyse hiç yön değiştirmeden vuruyorlardı. Thomson'ın atom pudingi modeli doğruysa bütün partiküller böyle hareket etmeliydi.

Ancak bazı partiküller çok büyük sapmalar yaşıyor ve B konumuna getirilen detektör tarafından algılanıyordu. Rutherford'un yeni bir atom modeli geliştirmesi gerekiyordu.

bir folyo yerleştirdiler ve altın atomlarına çarpan alfa partiküllerine ne olacağını araştırdılar.

Alfa partikülleri pozitif yüklüdür, atomlarda ise hem pozitif hem de negatif yükler bulunmaktadır; zıt yükler birbirlerini çekerken benzer yükler, birbirini iter. Bu yüzden Geiger ve Marsden alfa partikülleriyle altın atomlarının ilişkisinin altın atomları içindeki yük dağılımı hakkında bir şey göstereceğini düşünüyorlardı. Örneğin, eğer gerçekten de altın atomları pozitif yüklü bir hamurun içindeki negatif parçacıklardan oluşuyorsa alfa partiküllerinin çok az bir kısmının geri sekmesi gerekirdi çünkü nötr bir yükle karşılaşırlardı. Gerçekten de Geiger ve Marsden, folyonun diğer tarafına çinko sülfat plakayı yerleştirdikleri zaman alfa partiküllerinin çok azının y n değiştirdiğini gördüler.

Ardından Rutherford detektörün radyum kaynağı ile aynı tarafa çekilmesini istedi.  ylesine, altın plakaya çarpıp geri dönecek bir alfa partikülü olabilir mi diye bakmaya başladılar. Eğer Thomson doğruysa, atom pudingi modelinin bütün alfa partiküllerini geçirmesi ve hiçbirini geri sektirmemesi gerekiyordu. Ancak Geiger ve Marsden gördükleri şey karşısında şaşırıp kaldılar. Altın atomlarına çarpıp geri dönen alfa partikülleri olduğunu fark etmişlerdi. Her 8000 alfa partikülünden sadece biri geri sekiyordu ama Thomson'a göre hiçbirinin sekmemesi lazımdı. Bu deneyin sonuçları atom pudingi modelini alaşağı ediyordu.

Konuya aşına olmayanlar için bu deney, beklenmedik bir sonuç vermiş başka bir deney gibi gelebilir, fakat atomun nasıl olması gerektiği konusuna yıllarını veren ve atomu anladığını iddia eden Rutherford için bu sonuç gerçekten şok ediciydi: "Hayatımda başıma gelen en inanılmaz olaydı. 40 santim çapında bir top güllesi, kağıt bir mendile çarpıp size geri dönse herhalde aynı şeyleri hisseddik."

Deney sonucunda elde edilen veriler, atom pudingi modeli kapsamında imkânsızdı. Bu yüzden Rutherford,

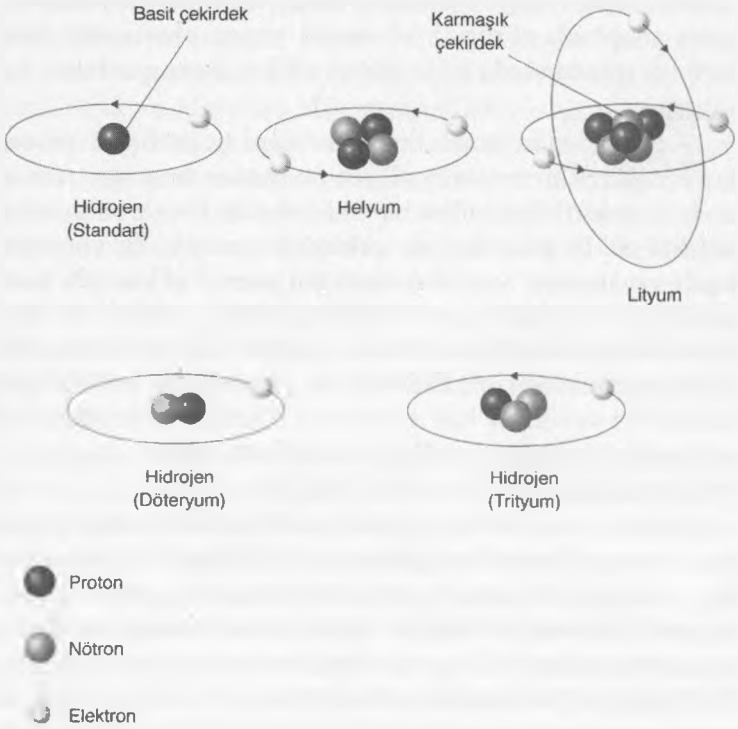
Thomson'ın modelinden vazgeçip geri seken alfa partiküllerini açıklayabilecek yeni bir atom modeli oluşturmak zorunda kaldı. Sorun hakkında uzun süre kafa yorduktan sonra mantıklı görünen bir atom yapısı oluşturdu. Rutherford, günümüzde hâlâ kabul edilen atom modelini geliştirdi.

Rutherford'un modeline göre tüm pozitif yük proton denilen parçaların içindeydi, ve protonlar da atomun merkezinde çekirdek denilen bir bölgedeydi. Elektron denilen negatif yüklü parçalar ise çekirdeğin etrafında yörüngedeydi ve atomun içinde çekirdeğin pozitif çekimiyle kalıyordu. Bu modele bazen atomun gezegen modeli de denmektedir çünkü elektronlar bir gezegen gibi atomun etrafında dönmektedirler. Elektron ve protonların eşit ve karşıt yükleri vardır ve her atomda eşit miktarda elektron ve proton bulunmaktadır. Bu yüzden Rutherford'un atomunun genel yükü sıfırdır, yani nötrdür.

Proton ve elektron sayısı çok önemlidir, çünkü atomun hangi elementin atomu olduğunu belirtir ve periyodik cetvelde her atomun yanında bu rakam yer alır. Hidrojene 1 rakamı verilmiştir çünkü atomlarında bir elektron ve bir proton bulunur; helyumun rakamı da 2'dir çünkü 2 protonu ve elektronu vardır, vs.

Rutherford aynı zamanda çekirdekte yüksüz bir parçacığın olduğunu da tahmin ediyordu, ve ilerde tahmini doğru çıkacaktı; nötron neredeyse protonla aynı kütleye sahiptir ama yükü yoktur. Şekil 71'de açıklandığı gibi çekirdeğin içindeki nötron sayısı değişebilir, ama atomun içindeki proton sayısı aynı kaldığı sürece aynı elementin atomu olarak kalır. Örneğin hidrojen atomlarının çoğunun nötronu yoktur ancak bazılarının bir veya iki nötronu bulunur ve bu hidrojenlere döteryum ve trityum denilir. Saf hidrojen, döteryum ve trityumun hepsi hidrojen çeşididir, çünkü hepsinin bir protonu ve bir elektronu vardır; bunlar hidrojenin izotoplarıdır.

Her ne kadar atomlar içerdikleri proton, nötron ve elektron sayısına göre farklı boyutlarda olsalar da genel-



Şekil 71: Rutherford'un atom modeline göre pozitif yüklü protonlar atomun çekirdeğinde, negatif yüklü elektronlar da çekirdeğin yörüngesinde yer alırlar. Bir atomun çapı, çekirdeğinin çapının yaklaşık 100 000 katı olduğu için bu şekiller biraz orantısız çizilmiştir. Protonların sayısı ile elektronların sayısı eşittir ve bu sayı her element için farklı olup periyodik cetveldeki yerini belirler. Hidrojen atomlarının bir elektron ve protonu varken helyum atomlarının 2 elektronu ve protonu vardır.

Çekirdekdeki nötron sayısı da değişebilir, ama proton sayısı aynı kaldığı sürece aynı elementin atomu olarak sayılır. Örneğin çoğu hidrojen atomunun nötronu yoktur, ancak bazılarının bir nötronu vardır ve onlara döteryum, iki nötronu olan hidrojen atomuna da trityum denir. Bunlar hidrojenin izotoplarıdır.

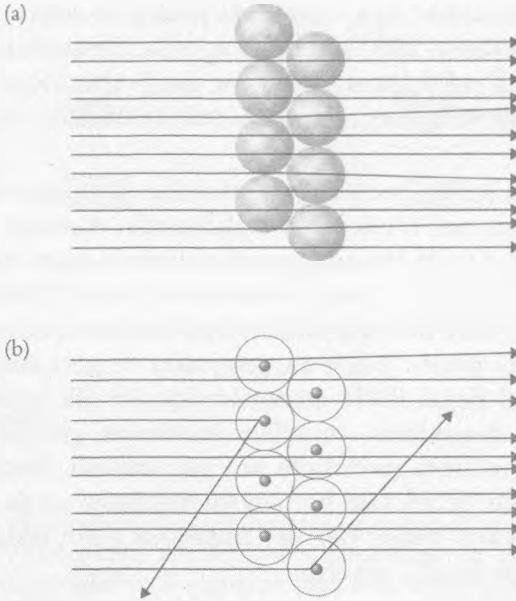
likle metrenin milyarda birinden daha küçüktürler. Ancak Rutherford'un yaptığı alfa partikülü deneyi, atomun çekirdeğinin çapının atomdan 100,000 kat daha küçük olduğunu ortaya koydu. Hacim olarak atomun çekirdeği, atomun % 0.00000000000001'ini oluşturur.

Bu inanılmaz bir şey: etrafımızda dokunabildiğimiz ve görebildiğimiz her şeyi oluşturan atomlar neredeyse tamamen boşluktan ibaret. Eğer tek bir hidrojen atomu devasa bir konser salonunu dolduracak kadar büyütülecek olsa çekirdeğinin boyu, en fazla bir pire kadar olabilir, ama bu ufacık çekirdek bile yörüngesindeki elektrondan çok daha büyüktür. Aynı zamanda proton ve nötron, elektrondan neredeyse 2000 kat daha ağırdır. Protonlar ve nötronlar ufacık çekirdeğin içinde yer aldığı için atomun kütlelerinin % 99.95'i, hacminin % 0.00000000000001'inde yer alır.

Bu yeni atom modeli Rutherford'un deneyinin sonuçlarını mükemmel bir şekilde açıklıyordu. Atomun çoğunluğu boşluk olduğu için alfa partiküllerinin çoğu, altın folyonun içinden hiçbir yere çarpmadan geçebiliyordu. Ancak pozitif yüklü alfa partiküllerinin bir kısmı atomun çekirdeğindeki pozitif yükle çarpışıyordu ve geri sekiyordu. Bu iki ilişki Şekil 72'de gösterilmektedir. İlk başta Rutherford'un deneyinin sonuçları imkânsız görünüyordu, ama yeni bir atom modeliyle her şey barizdi. Rutherford bir keresinde: "Fizik'teki her şey ya imkânsız ya da çok basittir. Anlayana kadar her şey imkânsız gelir, anladıktan sonraysa çok basit", diyordu.

Sadece bir sorun vardı: Rutherford'un çekirdekte protonlarla birlikte olduğunu söylediği nötronlarının var olduğuna dair hiçbir kanıt yoktu. Atom bilmecesinin bu parçasını bulmak zordu çünkü pozitif yüklü proton ve negatif yüklü elektronun aksine nötron yüksüzdü. Rutherford'un öğrencilerinden James Chadwick, nötronun varlığını ispatlamaya koyuldu. Nükleer fiziğe o kadar büyük bir saplantıyla bağlanmıştı ki Birinci Dünya Savaşı sırasında Almanya'da dört yıl savaş esiri olarak tutsak kaldığında bi-

le araştırmalarına devam etmişti. Bir diş macunu markasının içinde thorium elementi olduğunu ve bunun da dişleri bir şekilde parlattığını biliyordu. Gardiyanlardan bu diş macunundan biraz alarak deneylerine devam etti. Chadwick, diş macunu deneyleriyle pek bir aşama kat edemese de savaştan sonra laboratuvarına döndü; on sene daha çalıştı ve 1932'de atomun kayıp halkasını keşfetti. şekil 68'deki fotoğrafta görülen açık kapı da James Chadwick'in nötronu bulduğu laboratuvarın kapısıdır.

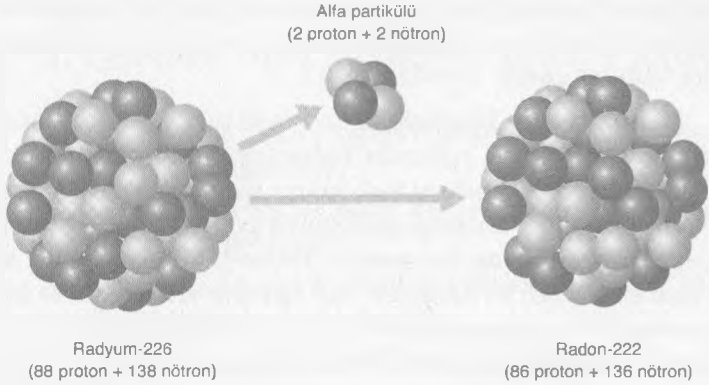


şekil 72: Geiger ve Marsden'in deneyleri altın bir folyoya çarpınca bazı alfa partiküllerinin geri sektiğini gösterdi. Bu durum Thomson'un atom pudingi modelinde imkânsızdır. (a) şeklinde atom pudingi modelinde alfa işınlarının nasıl hareket edeceği gösterilmektedir. (b) şeklinde ise Rutherford'un bulduğu modelin alfa işınlarının davranışlarını açıklıyor olduğu gösterilmektedir. Atomun çoğunluğu boşluktan ibaret olduğu için alfa işınlarının çoğu etkilenmez, ama bazı alfa işınları atomun pozitif yüklü çekirdeğine çarpar ve geri seker.

Atomun yapısı ve bileşenlerini daha iyi anlayınca fizikçiler, Pierre ve Marie Curie'nin keşfettiği radyoaktivitenin sebebini ortaya çıkarmaya hazırdılar. Her atom çekirdeği proton ve nötronlardan oluşuyordu, ve bunlar da değişerek bir çekirdeği başka bir çekirdeğe yani bir atomu başka bir atoma dönüştürebiliyordu. Radyoaktivitenin çalşıma prensibi böyleydi.

Örneğin radyum gibi ağır elementlerin çekirdekleri büyüktür. Curielerin araştırdığı radyumun çekirdeğinde 88 proton, 138 nötron bulunmaktadır ve bu tip büyük çekirdekler genellikle kararsızdır ve daha küçük bir çekirdeğe dönüşmek isterler. Radyum, Şekil 73'te gösterildiği gibi iki proton ve iki nötronu, alfa partikülü şeklinde yaparak kendini 86 proton ve 136 nötron bulunduran radona dönüştürür. Büyük bir çekirdeğin parçalanarak küçülmesine *fisyon* denir.

Her ne kadar nükleer tepkimeleri genellikle çok büyük çekirdekli atomlarla özdeşleştirsek de hidrojen gibi



Şekil 73: Radyumun farklı izotopları vardır, ancak radyumun en sık karşılaşılan izotopu budur ve 88 protonu, 138 nötronu olduğu için adı radyum 226'dır. Radyum çekirdeği çok büyüktür ve dolayısıyla son derece kararsızdır, bu yüzden fisyonu uğrar ve iki proton ve iki nötronu, alfa ışınması olarak yayar ve yine kararsız olan radon atomuna dönüşür.

çok küçük çekirdekli atomlar da nükleer tepkimeye girebilir. Füzyon denilen bir işlemde geçen hidrojen çekirdeği ve nötronlar helyuma dönüşür. Hidrojen göreceli olarak kararlı bir atomdur, bu yüzden bu işlem birdenbire gerçekleşmez ancak yüksek derece ısıda ve basınçta hidrojen atomları helyuma dönüşürler. Hidrojenin helyuma dönüşmesinin sebebi helyumun hidrojene göre daha kararlı olmasıdır, ve atomların çekirdekleri de her zaman daha kararlı formlara geçmek isterler.

Genellikle en kararlı atomlar, periyodik cetvelin ortasında bulunan demir gibi atomlardır. Aynı zamanda bu atomların çekirdeklerinde ortalama sayıda proton ve nötron bulunmaktadır. Bu yüzden çok ağır çekirdeği olan atomlar fisyonu, çok hafif çekirdekli atomlar da füzyona maruz kalırlarken ortadaki bu atomlar nerdeyse hiçbir zaman nükleer reaksiyon yaşamazlar.

Her ne kadar tüm bunlar nükleer reaksiyonların nasıl çalıştığını ve radyumun neden radyoaktif olduğunu açıklasa da radyumun fisyonu uğrarken neden yüksek dozda enerji salgıladığını açıklamaz. Nükleer reaksiyonlar etrafa saçtıkları yüksek düzeyde enerjiyle ünlüdürler, ama tüm bu enerji nereden gelir?

Bunun cevabı Einstein'ın özel izafiyet teorisinde, özellikle teorisinin ikinci bölümde bahsetmediğimiz bir yönünde yatmaktadır. Einstein ışık hızını incelediğinde ve uzay ve zaman için ne anlama geldiğini kavradığında, fizikteki en ünlü formülü de bulmuştu: $E=mc^2$. Temel olarak bu formül enerji (E) ve kütlenin (m) eşdeğer olduğunu ve birbirlerine c^2 çevirme faktörüyle çevrilebileceğini belirtir. Burada (c) ışık hızını temsil eder. Işık hızı 3×10^8 m/s'dir, c^2 'de 9×10^{16} (m/s)²'dir. Yani çok ufak bir kütle bile büyük bir enerjiye çevrilebilir.

Gerçekten de nükleer tepkimelerde ortaya çıkan enerji çok küçük kütlelerin enerjiye dönüştürülmesiyle ortaya çıkar. Bir radyum çekirdeği radon çekirdeğine ve alfa partikülüne dönüştüğünde ortaya çıkanların toplam küt-

lesi, radyum çekirdeğinden daha azdır. Kütle kaybı sadece % 0.0023'dir, yani 1 kilo radyum 0.999977 kg. radon ve alfa partikülüne dönüşür. Her ne kadar kütle kaybı çok az olsa da çevirme faktörü (c^2) çok büyüktür, bu yüzden kaybolan 0.000023 kg. kütle, 2×10^{12} jul enerjiye dönüşür, bu da 400 tondan fazla TNT'ye eşittir. Füzyonda da aynı şekilde enerji elde edilir, fakat genellikle elde edilen enerji çok daha fazladır. Bir hidrojen füzyon bombası, plutonyum fisyon bombasından çok daha etkilidir.

Bu bölümde astronomi ve kozmolojiden bahsetmeyeli bayağı oldu, ancak atomik ve nükleer fizikte gerçekleştirilen başarıları tanıtmak önemliydi çünkü bu başarılar, Big Bang modelinin denenmesinde çok önemli bir rol oynarlar. Rutherford'un atom modeli ve fisyonla füzyonun anlaşılması göklerin araştırılmasında büyük yenilikler getirmiştir. Ana konumuza dönmekten önce nükleer fiziğin ortaya çıkardığı önemli noktaları tekrar hatırlayalım:

1. Atomlar elektron, proton ve nötronlardan oluşur.
2. Proton ve nötronlar atomun çekirdeğini oluşturur.
3. Elektronlar atom çekirdeğinin etrafında yörüngededir.
4. Büyük çekirdekler genellikle kararsızdır ve fisyonla parçalanabilirler.
5. Küçük çekirdekler daha kararlıdır ama füzyonla birleştirilebilirler.
6. Füzyondan veya fisyondan sonra oluşan çekirdek, ilk çekirdekten daha hafiftir.
7. $E = mc^2$ sayesinde, bu kütle kaybının enerjiye dönüştüğünü biliyoruz.
8. Orta büyüklükteki çekirdekler en kararlılarıdır ve nadiren tepkimeye girerler.
9. Çok hafif veya çok ağır çekirdekler bile bazen fisyon veya füzyona girmeden önce yüksek enerjiye veya basınca ihtiyaç duyarlar.

Nükleer fiziğin bu kurallarını astronomiyle bağdaştıran ilk bilim adamlarından biri, esprileriyle ünlü olan cesur ve prensipli fizikçi Fritz Houtermans'dır. Muhtemelen esprileri ve şakaları kırk sayfalık bir kitapta toplanan tarihteki ilk fizikçi odur. Houtermans'ın annesi yarı Yahudiydi ve anti-semitist sözlere; "Sizin atalarınız hâlâ ağaçlarda yaşarken benim atalarım kalpazanlığa başlamışlardı bile", diyerek cevap veriyordu.

Houtermans 1903'te, bugün Polonya'nın Gdansk şehrinin yakınlarındaki Zoppot kasabasında doğmuştu. Ailesi Viyana'ya taşınınca Houtermans çocukluğunu burada geçirdi. Ardından, Almanya'ya taşındı ve 1920'lerin sonunda Göttingen'de fizik okudu ve sonrasında aynı yerde akademisyen oldu. İngiliz bilim adamı Robert d'Escourt Atkinson'ın yanında çalıştı ve nükleer fiziğin, Güneş ve diğer yıldızların nasıl parladığını açıklamakta kullanabileceği fikrinden etkilendi.

Güneş'in çoğunun hidrojen, bir kısmının da helyum olduğu biliniyordu. Bu yüzden Güneş'in yaydığı enerjinin, hidrojenin füzyona uğrayıp helyuma dönüşmesinden kaynaklandığını tahmin etmek doğaldı. Kimse Dünya'da nükleer füzyona tanık olmamıştı, bu yüzden füzyonun detayları bilinmiyordu. Ancak hidrojen helyuma dönüşecek olursa % 0.7'lik bir kütle kaybı olacağı biliniyordu. 1 kg. hidrojen bir şekilde 0.993 kg. helyuma dönüşür ve 0.007 kg. kütle kaybı gerçekleşir. Bu kütle kaybı çok az gelebilir, ama Einstein'ın $E = mc^2$ formülünü uyguladığımız zaman ne kadar büyük bir enerjinin açığa çıktığını görürüz:

$$\begin{aligned} \text{Enerji} &= mc^2 = \text{kütle} \times (\text{ışık hızı})^2 \\ &= 0.007 \times (3 \times 10^8)^2 = 6.3 \times 10^{14} \text{ jul} \end{aligned}$$

Teorik olarak 1 kg. hidrojen, 0.993 kg helyuma dönüştürülebilir ve ortaya 6.3×10^{14} jul enerji çıkar. Bu enerji de yaklaşık 100,000 ton kömürün yanarak verdiği enerjiye eşittir.

Houtermans'ın kafasını kurcalayan en önemli soru, Güneş'teki ısı ve basıncın füzyonu tetikleyecek büyüklükte olup olmadığıydı. Önceden de değindiğimiz gibi füzyon reaksiyonları spontane bir şekilde gerçekleşemez ve yüksek derece sıcaklık ve basınç altında olabilir, çünkü reaksiyonun başlaması için öncelikle bir enerji girdisi olmalıdır. İki hidrojen çekirdeğinin füzyonunda bu enerji ilk itme kuvvetini geçebilmek için gereklidir. Hidrojenin çekirdeğinde pozitif yüklü bir proton bulunmaktadır; benzer kutuplar birbirlerini ittiği için pozitif yüklü başka bir hidrojen çekirdeğini itecektir. Ancak protonlar yeterince birbirlerine yaklaşabilirlerse *güçlü çekirdek kuvveti* denilen, bir çekim kuvveti oluşur. Bu güç, çekirdekler arasındaki itme kuvvetini aşarak iki çekirdeğin helyum çekirdeğine dönüşmesini sağlar.

Houtermans çekirdeklerin birbirlerini çekmeleri için gerekli mesafenin 10^{-15} metre, yani bir milimetrenin trilyonda biri olduğunu hesapladı. Eğer iki hidrojen çekirdeği birbirlerine bu kadar yaklaşabilirlerse füzyon gerçekleşir. Houtermans ve Atkinson, Güneş'in merkezinde hidrojen füzyonunun olmasını sağlayacak yükseklikte sıcaklık ve basınç olduğundan emindiler. Güneş'in merkezinde gerçekleşen füzyon, yaydığı ısıyla diğer hidrojen çekirdeklerinin de füzyon geçirmesini sağlayabilirdi. Yıldız füzyonu ile ilgili çalışmalarını 1929'da *Zeitschrift für Physik* adlı dergide yayınladılar.

Houtermans, yıldızların neden parladığını anlamak için doğru yolda olduklarından emindi ve çalışmalarından o kadar çok gurur duyuyordu ki birlikte olduğu kıza hava atmaktan kendini alamıyordu. Houtermans, yıldız füzyonu üzerine yazdığı makaleyi bitirdikten bir gece sonra olanları şöyle anlatıyordu:

“O akşam makalemizi bitirdikten sonra, güzel bir kızla bir yürüyüşe çıktım. Hava kararıp da birbiri ardına yıldızlar ortaya çıkınca kolumdaki bayan; “Ne kadar da güzel parlıyorlar”, dedi. Ben de göğsümü kabartarak cevap

verdim: “Dünden beri onların niye parladıklarını biliyorum.”

Charlotte Riefenstahl galiba etkilenmişti, çünkü ileride Houtermans’la evlenmeyi kabul edecekti. Ancak Houtermans, yıldız füzyonu teorisinin sadece bir parçasını geliştirebilmişti. Güneş iki hidrojen atomunu birleştirip bir helyum atomu üretecek olsa bile elde edilen ürün, helyumun çok hafif ve kararsız bir izotopu olurdu. Kararlı bir helyum olabilmesi için iki nötrona ihtiyaç vardı. Houtermans nötronların varlığından ve Güneş’te var olduklarından emindi. Ancak 1929’da, makalelerini yayınladıkları zaman nötronun varlığı daha ispatlanmamıştı. Bu yüzden Houtermans nötronun farklı özelliklerinden bihaberdi ve hesaplamalarını tamamlayamıyordu.

1932’de Chadwick nötronu keşfedince Houtermans, teorisini bitirmeye hazırdı fakat siyaset yüzünden çalışmaları yine yarım kaldı. Houtermans Komünist Parti’nin bir üyesiydi ve Naziler tarafından idam edilmekten korkuyordu. 1933’te Almanya’yı terk edip İngiltere’ye kaçtı ama İngiltere’nin ne kültürünü ne de mutfağını sevmişti. Sürekli burnuna gelen haşlanmış koyun eti kokusuna daha fazla dayanamadığını söylüyordu ve İngiltere’yi “tuzlu patates diyarı” ilan ediyordu. 1934’ün sonunda, İngiltere’den ayrılıp Sovyetler Birliği’ne iltica etti. Biyografisini yazan İosif Khriplovich’e göre, iltica etmesinin sebebi “idealizm ve İngiliz mutfağıydı”.

Stalin; bilim topluluklarını dağıtana kadar Houtermans, Ukrayna Fizik-Teknik Enstitüsünde çalışmalarına devam etti. Nazilerden kaçan Houtermans’ın, bir Nazi casusu olduğu düşünülüyordu ve 1937’de Sovyet gizli polisi NKVD tarafından tutuklandı. Sonraki üç yıl boyunca ya yüz kişiyle birlikte aynı koğuştaki kalıyor ya da sonu gelmeyen sorgularda ondan bir itiraf koparılmaya çalışılıyordu. Houtermans bazen on bir gün boyunca hiç ara vermeden sorgulanıyordu, bu süre zarfında uyumasına izin verilmiyor ve ayakta bekletiliyordu. 1940’da Nazi-Sovyet anlaşması sayesinde serbest kaldı ama hemen Gestapo tarafın-

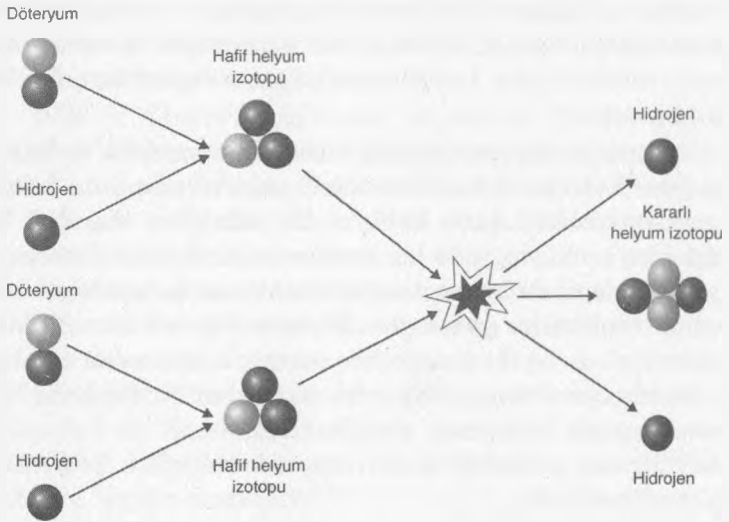
dan tekrar tutuklandı. Dünyada sadece o, Gestapo'yla NKVD'yi karşılaştırabilecek bir durumdaydı, "NKVD çok daha ciddi bir kurum. Gestapo beni sorgularken dosyamı önünde açık tutuyordu, ve ben tersten okuyabilirim. NKVD asla böyle bir hata yapmazdı", diyordu.

Houtermans 1930'ların sonunda tutuklanmışken başka fizikçiler, yıldız füzyonu konusunda onun kaldığı yerden devam ettiler ve Güneş'in içinde olup biten işlemlerin detaylarını hesapladılar. Houtermans'ın araştırmalarını tamamlayan bilim adamı Hans Bethe'ydi. Bethe 1933'te annesi Yahudi olduğu için Tübingen Üniversite-si'nden atılmıştı. İlk önce İngiltere'ye sonrasında da Amerika'ya sığındı. Yıllar sonra da nükleer bomba projesinin merkezi olan Los Alamos'un teori departmanının başına geçti.

Güneş'te mevcut olduğu varsayılan sıcaklık ve basınca göre hidrojenin helyuma dönüşmesini mümkün kılabilcek iki yol olduğunu keşfetti. İlk yola göre, standart bir hidrojen (çekirdeğinde bir proton bulunduran) döteryumla (çekirdeğinde bir proton bir de nötron bulunduran hidrojen) tepkimeye giriyordu. Böylece göreceli olarak daha kararlı olan ve iki proton bir nötron ihtiva eden bir helyum izotopu ortaya çıkıyordu. Ardından bu iki hafif helyum izotopu birleşerek standart ve kararlı bir helyumla, iki hidrojen çekirdeği oluşturuyordu. Bu işlem Şekil 74'te gösterilmektedir.

Hidrojeni helyuma çevirmek için Bethe'nin önerdiği diğer yöntem, hidrojen çekirdeğini yakalamak için bir karbon atomunu kullanır. Eğer Güneş'in içinde az miktarda karbon atomu varsa her bir karbon atomu, birer birer hidrojen çekirdeklerini yakalayarak kendini daha ağır bir atoma çevirebilir. Eninde sonunda değişen karbon atomu kararsızlaşır ve bir helyum çekirdeği salarak tekrar kararlı hale gelir. Bu işlem de bu şekilde devam etmektedir. Karbon çekirdeği bir fabrika gibi işleyerek hidrojen çekirdeğini hammadde olarak kullanır ve son ürün olarak helyum üretir.

Bu iki nükleer tepkime yöntemine ilk başlarda şüp-
heyle yaklaşan bilim adamları formülleri ve denklemleri
test ettikten sonra tepkimelerin uygulanabilir olduğuna
karar verdiler. Aynı zamanda astronomlar, Güneş'in mer-
kezinin bu tepkimelere yol açabilecek kadar sıcak oldu-
ğundan emin oldular. 1940'lara geldiğimizde Bethe'nin
önerdiği iki yöntemin de Güneş içinde tepkimelere yol
açarak enerji ürettiğine kesin gözüyle bakılıyordu. Astro-
fizikçiler Güneş'in her saniye 584 milyon ton hidrojeni 580



Şekil 74: Güneş'te hidrojenin helyuma dönüştürülebileceği yollar-
dan biri gösterilmektedir. Siyah küreler proton, gri küreler nötron-
dur. Tepkimenin ilk aşamasında standart bir hidrojen ve döteryum
birleşerek helyumun bir izotopunu oluştururlar. Helyumun genel-
likle iki protonu ve iki nötronu vardır ancak bu izotopta sadece bir
nötron bulunmakta. Tepkimenin ikinci aşamasında iki hafif helyum
izotopu birleşerek kararlı helyum izotopunu oluştururlar ve bu sü-
reçte iki hidrojen çekirdeği de ortaya çıkar. Bu hidrojen çekirdek-
leri sonradan daha fazla helyum atomu üretebilirler. Teorik olarak iki
döteryum çekirdeği de birleşerek bir helyum atomu meydana geti-
rebilirler ama döteryum çok nadir bulunan bir izotopdur.

milyon ton helyuma dönüştürdüğünü ve kalan kütleyi enerjiye çevirdiğini gözlerinin önüne getirebiliyordu. Bu aşırı tüketim oranına rağmen Güneş, milyarlarca sene daha enerji üretmeye devam edecektir çünkü şu anda yaklaşık 2×10^{27} ton hidrojen ihtiva etmektedir.

Tüm bu olaylar atomik ve kozmik boyuttaki bilim için çok önemliydi. Nükleer fizikçiler, yıldızların nasıl parladığını açıklayarak astronomiye somut bir katkı sağlayabileceklerini göstermişlerdi. Artık Big Bang teorisinin savunucuları daha büyük bir soruyu çözebilmek için nükleer fiziğe başvuruyorlardı: Evren şu anki haline nasıl geldi? Yıldızların hidrojen gibi basit atomları, helyum gibi daha ağır atomlara nasıl çevirdiği artık biliniyordu. Belki nükleer fizik, Big Bang'in günümüzde gördüğümüz çeşitli atomları da nasıl ortaya çıkardığını bize gösterebilirdi.

Kozmolojide yeni bir öncünün ortaya çıkması için her şey hazırды. Nükleer fiziğin katı kurallarını Big Bang'e uyarlayabilecek kapasitede bir bilim adamı gelecekti. Nükleer fizik ve kozmoloji disiplinlerini birleştirerek evrenin Big Bang modelini kanıtlayacak veya yerle bir edecek bir deney geliştirecekti.

İlk Beş Dakika

George Gamow; Ukrayna doğumlu, sıcak kanlı, içkisini ve kağıt oyunlarını seven bir bilim adamıydı. 1904 yılında, Odessa'da doğmuştu ve daha sekiz yaşındayken bilime merak sarmıştı. Babasının ona verdiği bir mikroskobu kullanarak dönüşüm olayını incelemeye karar verdi. Yerel Rus Ortodoks Kilisesinde bir ayine katıldıktan sonra eve koştu ve yanağında sakladığı birkaç damla şarabı ve ona verilen bir parça ekmeği mikroskop altında incelemeye, gördüklerini gündelik kullanılan şarap ve ekmekle kıyaslamaya başladı. Ekmeğin, İsa'nın etine dönüştüğüne dair hiçbir delil bulamamıştı. Sonradan; "Sanırım beni bir bilim adamı yapan deney oydu." diyecekti.

Gamow, Odessa Novorossia Üniversitesi'nde hırslı ve genç bir fizikçi olarak ün yaptı ve ardından 1923'te o sıralar kendi Big Bang teorisini geliştirmekte olan Alexander Friedmann'la çalışmak için Leningrad'a gitti. Gamow'un ilgi alanı Friedmann'inkinden farklıydı, ve kısa sürede nükleer fizik konusunda dünya çapında keşifler yaptı. Araştırmalarının başarısı yüzünden devletin gazetesi olan *Pravda*, Gamow daha yirmi yedi yaşındayken ona adanmış bir şiir yayınladı. Başka bir gazete: "Sovyet bir yoldaşımız Batı'ya Rus topraklarının da kendi Eflatunlarını ve Newtonlarını çıkarabileceğini gösterdi." diyordu.

Fakat Gamow, Sovyet bir akademisyen olarak geçirdiği hayattan yorulmaya başlamıştı. Devlet, Marksist-Leni-



Şekil 75: George Gamow ve karısı Lyubov Vokhminzeva'nın vesikalık fotoğrafları. Aşağıdaki resimde Gamow'ların bir kanoyla Karadeniz'i geçip Türkiye'ye kaçma denemeleri gösterilmektedir.

nist felsefe ve diyalektik materyalizmi kullanarak bilimsel teorilerin doğru olup olmadıklarını belirliyordu. Bu yüzden de Sovyet bilim adamları, esir maddesinin varlığını kabul etmek; izafiyet teorisini de reddetmek zorunda kalıyordu. Gamow gibi özgür düşünen bir insan için bilimsel doğruları siyasetle dikte etmeye çalışmak saçma bir uğraştı. Zamanla Gamow, Sovyetlerin bilime karşı tavrından ve tüm Komünist ideolojiden nefret etmeye başladı.

Sonuç olarak Gamow 1932’de, Sovyetler Birliği’nden kaçıp Karadeniz’den geçerek Türkiye’ye gitmeye karar verdi. Ancak kaçış planının çok amatörce olduğu sonradan ortaya çıktı. Karısı Lyubov Vokhminzeva ile birlikte 250 km. yolu ufak bir kanoyla kürek çekerek gitmeye uğraştılar. Bu hikâyeyi otobiyografisinde şöyle anlatmaktadır:

“En önemli şeylerden biri beş altı gün süreceğini düşündüğümüz yolculuk için gerekli olan yemek stokuydu... Birkaç yumurta haşladık ve yolculuk için sakladık. Aynı zamanda birkaç paket sert çikolata ve iki şişe brendi aldık. Denizde ıslak ve soğuk bir halde titrerken brendi çok işe yaramıştı... Kısa zaman içinde sırayla kürek çekmenin daha mantıklı olduğunu da anladık çünkü iki kişi birlikte kürek çekerken iki kat hızlı gitmiyorduk... İlk günümüz çok başarılı geçmişti... Ufukta kaybolan güneşin aydınlattığı bir dalganın içinden çıkan bir yunus görüntüsünü asla unutmayaacağım.”

Fakat otuz altı saat sonra şansları onlara küstü. Hava birden bozdu ve rüzgâr onlara doğru esmeye başladı ve bu yüzden tekrar Sovyetler Birliği’ne doğru kürek çekmek zorunda kaldılar.

Gamow yine başarısızlıkla sonuçlanacak bir denemede bulundu. Bu sefer Murmansk’tan Norveç’e kaçmaya çalıştı ama yine başarılı olamadı. Fakat 1933’te yeni bir strateji denedi. Brüksel’deki Solvay Konferansı’na çağrılan Gamow, politbüro üyesi Vyacheslav Molotov’dan bir randevu kopardı ve yine bir fizikçi olan karısının ona eşlik etmesi için izin istedi. Gerekli olan dosyaları uzun bir bürokratik süreçten sonra elde etti. Çift konferansa gittik-

lerinde bir daha asla Sovyetler Birliği'ne dönmeyi düşünmüyordu. Sonrasında Avrupa'dan Amerika'ya gittiler ve 1934'te Gamow, George Washington Üniversitesinde çalışmaya başladı ve burada çalıştığı yirmi senesini Big Bang teorisi üzerinde araştırma yapıp, teoriyi test ederek ve savunarak geçirdi.

Gamow çalışmalarını özellikle, *çekirdek sentezi* yani atom çekirdeklerinin oluşması konusu üzerine yoğunlaştırdı. Gamow, nükleer fiziğin ve Big Bang modelinin gözlemlenen element bolluklarını nasıl açıklayacağını me-



Şekil 76: George Gamow, John Cockcroft (solda) ile birlikte bir problem üzerine çalışıyor. John Cockcroft da nükleer fiziğe olan katkılarından dolayı Nobel ödülünü alacaktır. Resimlerde fizikçilerin yaptıkları işten ne kadar zevk aldıkları görülmektedir.

rak ediyordu. Daha önce değindiğimiz gibi her 10,000 hidrojen atomu için 1,000 helyum atomu, 6 oksijen atomu, 1 karbon atomu ve diğer elementlerin atomlarının toplamı da karbondan bile azdır. Gamow, evrenin hidrojen ve helyumla dolu olmasının sebebinin Big Bang'in ilk anları olup olamayacağını merak ediyordu. Aynı zamanda çok daha az bulunan ama hayat için elzem olan, daha ağır elementlerin atomlarının bu kadar az olmasının sebebi yine Big Bang olabilir miydi?

Gamow'un çalışmalarını incelemeden önce Lemaitre'nin çekirdek sentezi üzerine görüşlerine bir bakalım. Lemaitre'nin evreni; tek, aşırı yoğun ve çok büyük kütleli bir atomla başlıyordu: "Bu ilk atom parçalara ayrıldı ve her bir parça da daha fazla parçalara. Sadelik açısından bu parçalanmanın eşit olarak gerçekleştiğini varsayarsak maddenin şu anki atom haline gelebilmesi için iki yüz altmış kere parçalanması gerektiğini görürüz." Büyük atom çekirdeklerinin kararsız olduğu prensibinden yola çıkarsak aşırı büyük bir atom da çok kararsız olur ve gerçekten de parçalanıp daha küçük atomlara ayrılır. Ancak bu durumda ilk atomdan kalanlar muhtemelen periyodik tablonun ortalarında bir yerlerde olurdu çünkü kararlı elementlerin çoğu burada bulunmaktadır. Eğer bu şekilde olsaydı evrende en çok bulunan atomlar demir gibi elementlere ait olurdu. Lemaitre'nin modeliyle, evrende şu anda bol miktarda bulunan hidrojen ve helyum atomlarını açıklamak imkânsızdır. Ancak Gamow'a göre Lemaitre baştan aşağı yanılıyordu.

Lemaitre'nin yukarıdan aşağı yaklaşımının yerine Gamow, aşağıdan yukarıya doğru bir strateji belirledi. Eğer evren hidrojen atomlarıyla dolu yoğun bir kaynak olarak başlamış olsaydı ne olurdu? Big Bang, hidrojenin füzyonla birleşerek helyuma ve diğer ağır atomlara dönüşebileceği bir ortamı yaratabilir miydi? Bu fikir, Lemaitre'nin düşüncesinden daha olasıydı çünkü % 100 hidrojenle başladığında günümüz evrenindeki atomların %90'ının hidrojen olması daha kolay açıklanabiliyordu.



Ön sıra | L. Joliot A. Joffe P. Langevin E. Rutherford M. De Broglie L. Meitner
E. Schrödinger N. Bohr M. Curie Q. Ricianbon T. De Donder L. De Broglie J. Chadwick

Şekil 77: 1933'te Brüksel'deki Solvay konferansında çekilen bu grup fotoğrafında George Gamow da bulunmaktadır (arka sırada, ortada). Bu konferansa katılarak Sovyetler Birliği'nden kaçmıştır. Konferans atomun yapısı üzerine düzenlenmişti bu yüzden birçok tanıdık yüz de bu fotoğrafta bulunmaktadır. Ernest Rutherford ve James Chadwick ön sırada yer almaktadır. Madam Curie ve kızı Irene Joliot da ön sırada bulunmaktadır. Irene Joliot da annesi gibi Nobel ödülü almıştı.

Pierre Curie 1906'da bir at arabası tarafından ezilerek ölmüştü. Madam Curie de Paul Langevin'le bir ilişki yaşıyordu. Langevin hâla evli olduğu için ilişkileri büyük bir skandal olmuştu. Madam Curie'ye ikinci Nobel ödülünü aldığı haberi gelince kendisinden ödülü almak için Stockholm'e gelmemesi ve Nobel Komitesi'ni utandırmaması rica edilmişti. Bu ricayı reddeden Madam Curie ödülün özel hayatına değil, yaptığı fizik araştırmalarına verildiğini söyledi.

Fakat nükleer fizik üzerine kafa yormadan önce Gamow, Houtermans ve Bethe'nin çalışmaları üzerine kafa yordu ve yıldızların, hidrojeni helyum ve diğer atomlara nasıl çevirdiğini araştırdı. Yıldız füzyonunun iki önemli sınırlamasıyla karşı karşıyaydı. Öncelikle yıldızların helyum üretimi çok yavaştı. Güneş her saniye 5.8×10^8 ton helyum üretir. Bu ilk bakışta çok gibi gelse de Güneş, şu anda 5×10^{26} ton helyum ihtiva etmektedir. Güneş'in bu helyum üretme hızıyla bu kadar helyum üretmesi 27 milyar yıldan fazla alırdı oysa Big Bang modeline göre evren sadece 1.8 milyar yaşındaydı. Bu yüzden Gamow, Güneş'in içindeki helyumun çoğunun Güneş oluşurken de orada olduğuna karar verdi; belki de bu helyum, Big Bang sırasında oluşmuştu.

Yıldız füzyonun diğer sınırlamasıysa görünüşe göre, yıldızların helyumdan daha ağır elementleri üretemiyor olmasıydı. Fizikçiler, yıldızların demir ve altın gibi elementleri üretebilecekleri bir yol bulamıyorlardı. Yıldızlar en hafif atomların dışında pek bir şey üretemiyorlardı.

Gamow bu iki sınırlamayı Big Bang modelini kanıtlamak için bir fırsat olarak kullandı. Yıldızlar helyumdan daha karmaşık bir şey üretemiyorken belki de Big Bang üretebilirdi. Özellikle evrenin ilk evrelerinde basıncın ve sıcaklığın farklı ve yeni çekirdek tepkimelerinin oluşmasına izin verecek kadar aşırı olabileceğini umuyordu. Eğer Gamow, Big Bang'i daha ağır elementlerin çekirdek tepkimeleriyle bağdaştırabilirse bu, Big Bang modeli için önemli bir dayanak noktası olacaktı. Eğer bunu beceremezse Big Bang modeli, ağır bir darbe alacaktı.

1940'ların başlarında Gamow, Big Bang'in arifesinde elementlerin oluşumunu açıklamak için projesine başladı. Kısa zaman içinde Amerika'da atom çekirdeği sentezi üzerine araştırma yapan tek bilim adamının kendisi olduğunu fark etti ve bunun neden böyle olduğunu anlamakta da gecikmedi. Atomun çekirdeğinin yapısı üzerinde çalışabilmek için nükleer fiziği çok iyi anlamak gerekiyordu ve böyle bir geçmişi olan hemen hemen herkes gizlice Los

Alamos'taki Manhattan Projesi'ne dahil edilmişti. Projenin amacı ilk atom bombasını dizayn etmek ve yapmaktı. Gamow'un George Washington Üniversitesi'ne alınmamasının tek sebebi, onun yeterince güvenilir bulunmamasıydı. Çünkü Gamow, Kızıl Ordu'da subaylık yapmıştı. Gamow'u güvenilir bulmayan sorumlular, Gamow'un orduda subay olmasının sebebinin askerlere fen öğretmek için olduğunu bilmiyordu. Ayrıca Sovyetler Birliği'nden kaçtığı için SSCB'de ona idam cezası verilmesi de Gamow'un sadakatinin nerede olduğunu açıkça gösteriyordu.

Gamow'un Big Bang sırasında oluşan atom çekirdeği sentezini açıklama stratejisi çok basitti. Öncelikle evrenin şimdiki halini gözlemledi. Astronomlar, yıldızların ve galaksilerin dağılımını daha önceden incelemişlerdi ve evrendeki madde yoğunluğunu, bin dünya hacmine bir gram olarak hesaplamışlardı. Ardından Gamow, Hubble'ın genişleme ölçümlerini aldı ve saati geri çevirdi, böylece evren sıkılaşmaya başladı. Gamow'un sıkılaşan evreni yaratılış anına yaklaştıkça daha da yoğunlaşıyordu ve Gamow da basit bir matematik kullanarak ortalama yoğunluğu hesaplayabiliyordu. Maddeleri sıkıştırmak, genellikle sıcaklık ortaya çıkarır. Örneğin bir bisiklet pompasını iki kere sıkarsanız pompa ısınır. Bu yüzden Gamow, basit bir fizik formülüyle genç evrenin şimdikinden çok daha sıcak olduğunu gösterebilmiştir. Yani Gamow, evrenin yaratılışından günümüze, herhangi bir zamanındaki yoğunluğunu ve sıcaklığını bulabileceğini gördü.

Evrenin ilk halindeki durumu doğru bir şekilde analiz etmek çok önemliydi, çünkü bir nükleer tepkimenin sonucu neredeyse tamamen çevredeki sıcaklık ve yoğunluğa bağlıydı. Yoğunluk belirli bir hacimdeki atom sayısını belirler ve yoğunluk ne kadar fazla olursa atomların birbirlerine çarpıp birleşme şansı da o kadar fazla olur. Ve sıcaklık arttıkça, etrafta daha çok enerji olur ve atomlar daha hızlı hareket ederler. Bu da atom çekirdeklerinin daha kolay birleşebilecekleri anlamına gelir. Astrofizikçiler, Güneş'in içindeki yoğunluğu ve sıcaklığı bildikleri için, han-

gi çekirdek tepkimelerinin gerçekleştiğini bulabildiler. Evrenin ilk hali hakkında benzer bilgilere sahip olan Gamow, Big Bang'den hemen sonra hangi çekirdek tepkimelerinin gerçekleştiğini bulabilmeyi umuyordu.

Big Bang sırasında oluşan atom çekirdeği sentezini modellerken ilk olarak, evrenin ilk zamanlarında var olan aşırı sıcaklar yüzünden tüm maddelerin, en temel unsurlarına kadar parçalandığını varsayıyordu. Bu yüzden evrenin ilk bileşenlerinin, zamanın fiziğinin bildiği en temel parçalar olan protonlar, nötronlar ve elektronlar olduğunu tahmin ediyordu. Bu karışıma, Webster Sözlüğü'nde karşılaştığı eski bir İngilizce kelime olan *ylem* adını verdi. Bu kelimenin anlamı "elementlerin oluştuğu ilkel kaynak"tı ve Gamow'un protonlar, nötronlar ve elektronlardan oluşan karışımını çok güzel ifade ediyordu. Tek bir proton, hidrojenin çekirdeğini oluşturur; ve bir elektron ilave edilerek tam bir hidrojen atomu oluşur. Ancak ilk evren o kadar sıcaktı ki hiçbir elektron kendini bir çekirdeğe bağlayamıyordu. Madde partiküllerinin yanı sıra ilk evrende ışık da son derece boldu.

Bu yoğun ve sıcak karışımdan başlayarak Gamow, saati ileri doğru sarmak ve her saniye birleşen çekirdekleri ve oluşan atomları incelemek istedi. Nihai hedefi bu atomların birleşerek yıldızları ve galaksileri oluşturduğunu göstermektir. Yani Big Bang modeliyle günümüzdeki yerimize nasıl geldiğimizi açıklamak istiyordu.

Ancak, oluşabilecek çekirdek tepkimelerini hesaplamaya başlar başlamaz karşısındaki devasa işin boyutlarının farkına vardı. Belirli bir durumda gerçekleşen çekirdek tepkimelerini hesaplayabilirdi, ancak Big Bang modelinin sorunu, sürekli değişiyor olmasıydı. Belirli bir zamanda belirli bir sıcaklık, yoğunluk ve partikül karışımı olurken bir saniye sonra evren genişlemiş oluyordu, böylece yoğunluğu ve sıcaklığı azalıyor, önceden geçirdiği çekirdek tepkimelerine göre içerdiği partiküllerin cinsi az da olsa değişiyordu. Gamow, atomun çekirdeği üzerine hesaplarını yapmaya devam ediyor ama çok az yol kat edi-

yordu. Çok iyi bir fizikçiydi ama matematiği kötüydü ve atom çekirdeği hesaplamaları onun çok ötesindeydi. Bu çağda bilgisayarlar da yok denecek kadar az olduğu için, onları da kullanamıyordu.

1945'te Ralph Alpher adında, kendisini bilim camiasına kanıtlamaya çalışan bir genci öğrencisi olarak alınca ihtiyaç duyduğu yardımı elde etmiş oldu. Alpher'in akademik kariyeri ışıltılı bir şekilde, 1937'de daha on altı yaşındayken MIT'ye burslu olarak kabul edilince başlamıştı. Fakat, enstitünün mezunlarından biriyle muhabbet ederken ailesinin Musevi olduğunu söyleme gafletinde bulundu, bunun üzerine bursu iptal edildi. Ümit vaad eden bir genç için korkunç bir şoktu bu: "Ağabeyim bana çok ümitlenmememi söylüyordu ve haklıydı. Benim için çok acı bir deneyimdi. Ağabeyim, o zamanlar bir Musevi'nin, bir yerlere gelebileceğini düşünmesinin gerçekçi olmadığını söylüyordu."

Alpher'in akademik Dünya'ya geri girmesinin tek yolu, gündüzleri bir işte çalışıp akşamları George Washington Üniversitesi'ne gitmesiydi ve böylece lisans eğitimini tamamladı. Bu dönemlerde Alpher Gamow'la tanıştı ve onun gözüne girdi çünkü Alpher'in babası da Gamow gibi Odessa'da doğmuştu. Gamow, Alpher'in matematiğe yetenekli olduğunu ve detayları iyi görebildiğini fark etti ve hemen onu doktora öğrencisi olarak aldı.

Gamow, Alpher'e başlangıç noktasını ve şimdiye kadar bulduklarını gösterdi ve evrenin ilk zamanlarındaki atom çekirdeği sentezi problemini çözmesini istedi. Örneğin, Gamow Big Bang sırasındaki atom çekirdeği sentezinin göreceli olarak kısa bir süre ve sıcaklık çerçevesi içinde oluşabileceğini gösterdi. Evrenin ilk zamanlarında sıcaklık o kadar yüksekti ki protonlar ve nötronlar, birbirlerine yapışamayacak kadar hızlı hareket ediyorlardı. Biraz zaman geçince sıcaklık, çekirdek sentezinin oluşabileceği kadar düşmüştü. Ancak biraz daha zaman geçince evrenin ısısı çekirdek tepkimelerine izin vermeyecek kadar düşüyordu. Kısaca, atom çekirdeği tepkimeleri sadece, evren

trilyonlarca derece sıcaklıktan daha soğukken ve milyonlarca derece sıcaklıktan daha sıcakken gerçekleşebilirdi.

Atom çekirdeği sentezi için bir diğer kısıtlama da nötronların kararsız olmaları ve kararlı bir atomun çekirdeğinde olmadıkları zaman protonlara dönüşmeleridir. Bu yüzden evrenin ilk başlarında mevcut olan nötronlar yok olmadan önce bir çekirdek oluşturmak zorundaydılar. Serbest nötronların yaklaşık on dakikalık bir yarı ömürleri vardır, yani her on dakikada serbest nötronların yarısı kaybolur. Bu yüzden, nötronlar protonlarla birlikte bir çekirdek oluşturamamışlarsa yaratılıştan bir saat sonra orijinal nötronların sadece %2'si kalmış olabilir. Diğer yandan sıcaklığa bağlı bir tepkime nötron yaratmaktadır ve bu tepkime, işleri daha da karıştırmaktadır. Nötronlar atomun çekirdek sentezinde çok önemli bir role sahip olduğu için hem nötronların yarı ömrü hem de nötron üretim oranı, çekirdek sentezinin gerçekleşebileceği zamanı belirlemede önemliydiler.

Atom çekirdeği sentezinin gerçekleşebileceği bu karmaşık zaman aralığına konsantre olan Gamow ve Alpher, protonlarla nötronların karşılaşma şansını tahmin ettiler. Hesaplamalarının bir diğer parçası ve işleri daha da zorlaştıran bir nokta proton ve elektronların *kesitleriydi*. Bir partikülün kesiti, onun diğer partiküller için ne kadar büyük bir hedef olduğunu belirler. Eğer iki insan karşılıklı geçip birbirlerine ufak misketler atarlarsa bu misketlerin birbirlerine çarpma olasılığı düşüktür. Eğer birbirlerine futbol topu atarlarsa topların havada çarpışma şansları daha fazladır. Yani futbol topunun kesiti, misketinkinden daha büyüktür. Atom çekirdeği sentezi için önemli olan soru şuydu: Protonlar ve nötronlar birbirleri için ne kadar büyük hedeflerdi?

Çekirdek partiküllerinin kesitleri *barn* denilen birimlerle ölçülürler ve 1 barn, 10^{-28} metre karedir. Bazı etimologlar bu birimin Manhattan Projesi üzerinde çalışan fizikçiler tarafından, casusların anlamaması için çıkarıldığını düşünürler. Çekirdek partiküllerinin kesitlerini anla-

mak, bomba yapanlar için çok önemliydi çünkü nükleer bir patlama meydana getirmek için ne kadar uranyuma ihtiyaç duyulduğunu bulmaya çalışıyorlardı.

Atom bombası projesinin etrafındaki gizlilik kalkanı, savaştan sonraki yıllarda azalıyordu. Alpher, Big Bang sırasındaki atom çekirdeği sentezi araştırmalarını yapmaya başladığı sırada önemli çekirdek kesiti ölçümleri yayınlanıyordu. Alpher'in projesine bir destek de Argonne Ulusal Laboratuvarında nükleer güç istasyonu yapmaya çalışan bilim adamlarından geldi. Onların da çekirdek kesiti üzerine verilerini yayınlaması Alpher'in, çok işine yaradı.

Gamow ve Alpher, üç yıl boyunca hesaplamalar yaptılar, yaptıkları hesaplamaların sağlamasını yaptılar, varsayımlarını sorguladılar, çekirdek kesitleri üzerine çalıştılar ve yeni verileri girdiler ve böylece sonuç üzerine tahminlerini geliştirdiler. En derin konuşmalarının bir kısmı, biraz içki içerek evrenin ilk halini anlamaya çalıştıkları Pennsylvania Caddesi'ndeki Little Vienna barında gerçekleşti. Bu sıra dışı bir maceraydı. Somut fiziği, geçmişte belirsiz olan Big Bang teorisine uygulayıp evrenin ilk halinin koşullarının matematiksel modelini çıkarmaya çalışıyorlardı. Big Bang'in ilk hali üzerine tahminler yapıp nükleer fizik yasalarını bu tahminlere uygulayıp zamanla evrenin nasıl değiştiğini ve atom çekirdeği sentezi işlemlerinin nasıl gerçekleştiğini çözmeye çalışıyorlardı.

Aylar geçtikçe Alpher, Big Bang'den birkaç dakika sonra gerçekleşen helyum oluşumlarını doğru bir şekilde modelleyebileceğine daha fazla inanıyordu. Yaptığı hesapların gerçeklerle örtüştüğünü gördükçe inancı arttı. Alpher, Big Bang atom çekirdeği sentezi safhasının ardından her on hidrojen atomu için 1 helyum atomunun ortaya çıkacağını hesaplamıştı; bu da modern astronomların gözlemleriyle birebir örtüşmektedir. Big Bang günümüz evrenindeki hidrojen ve helyum oranını böylece açıklayabilmektedir. Alpher daha diğer elementlerin oluşmasını modellememişti ama sadece hidrojen helyum oranını modellemek bile başlı başına büyük bir başarıydı. Sonuçta bu

iki element evrendeki elementlerin % 99.99'unu oluştuyordu.

Birkaç yıl önce astrofizikçiler yıldızların hidrojeni yakarak helyuma dönüştürdüğünü ispatlamışlardı ama yıldızların helyum üretme hızı o kadar yavaştı ki var olan helyumun sadece çok küçük bir kısmı yıldızlar tarafından üretilmiş olabilirdi. Fakat Alpher helyum oranını Big Bang'le açıklayabiliyordu. Hubble'ın galaksilerin yaydığı ışınlardaki kırmızıya kaymayı bulmasından beri, Big Bang modelini destekleyen en önemli gelişme buydu.

Başarılarını açıklamak isteyen Alpher ve Gamow, hesaplamalarını ve elde ettikleri sonuçları "Kimyasal Elementlerin Kökeni" adlı bir makaleyle *Physical Review* dergisinde yayınladılar. Makale, 1 Nisan 1948'de yayınlanacaktı ve belki de bu sebeple Gamow aylardır gizlice düşündüğü bir şeyi yapmaya karar verdi. Gamow yıldızlardaki çekirdek tepkimeleri üzerine yaptığı araştırmalarla ünlenen Hans Bethe'nin yakın bir arkadaşıydı ve o bu araştırmaya hiçbir katkı sağlamadığı halde onun ismini yazarların arasına almak istiyordu. Okuyucuların Alpher, Bethe ve Gamow (alfa, beta, gama) tarafından yazılmış bir makale görmekten memnun olacaklarını düşünüyordu.

Ancak Alpher, buna karşı çıktı ve çok alındı. Makaleye Bethe'nin de ismini koydukları zaman dünyanın geri kalanının, araştırmaya onun katkısının çok daha az olduğunu düşünmesinden korkuyordu. Gamow'un ismi yüzünden zaten Alpher'in ismi gölgede kalmıştı çünkü Gamow ünlüydü ve Alpher sadece bir doktora öğrencisiydi. Listeye Bethe gibi bir diğer ünlü ismi katmak, onu çok daha fazla gölgeleyecekti. Alpher, üstüne düşenden çok daha fazlasını yapmıştı ama makalenin üç kişi adına çıkması onun başarıdaki payını daha da azaltacaktı. Alpher ve Gamow arasındaki isim tartışmasından Bethe'nin haberi yoktu ve bu makalenin kozmoloji tarihindeki en önemli makalelerden biri olacağını hiç bilmiyordu. Sadece Gamow'un şakasının bir parçası olmaktan mutluydu.

Bethe'nin ismiyle birlikte makaleyi basılmaya gönderir göndermez Gamow, öğrencisiyle olan münakaşalarını tatlıya bağlamak için büyük başarılarını kutlamaya karar verdi. Gamow bir şişe Cointreau satın aldı ve şişenin etiketini "ylem" olarak değiştirdi. Turuncu likörü şişeden bardaklara doldururken Big Bang'in de böyle gerçekleştiğini söyleyerek şakalaşıyorlardı.

Her ne kadar Gamow artık rahatlamış olsa da Alpher'in hâlâ çok işi vardı. Bu araştırma Alpher'in doktora teziydi, bu yüzden bu çalışmayı bağımsız olarak yazıp en ince detaylarına kadar tezini savunarak gerçekten de doktora almayı hak ettiğini kanıtlaması gerekiyordu. Fakat maalesef tezini yazmaya başladıktan kısa bir süre sonra şiddetli bir kabakulak geçirdi. Yüzü gözü şişmiş ve ağrılar içinde, tezini yatağında, karısı Louise'e dikte ederek bitirmek zorunda kaldı. Çift, George Washington Üniversitesi'ndeki akşam derslerinde tanışmıştı ama Louise fizik değil psikoloji okumuştı ve bu yüzden Alpher'in araştırmalarından pek bir şey anlamıyordu. Yine de Alpher'in tezinin temelini oluşturan denklemleri ve formülleri doğru bir şekilde daktilo etti.

Alpher'in çalışmaları hâlâ bitmemişti. Doktorasını alma yolundaki son engel olan tezini savunmak kalmıştı. Bir grup uzmanın karşısına geçip hidrojen ve helyumun günümüzdeki oranlarının Big Bang sırasında ortaya çıkmış olabileceğini savunmak zorundaydı. Aynı zamanda diğer elementlerin atomlarının da bu sırada ortaya çıkmış olma ihtimalinden de bahsetmek istiyordu. Aslında Gamow'la birlikte yaptığı çalışmayı savunuyor olacaktı ama hocasına hiç bir şey danışmadan ve tek başına. Eğer başarırsa doktorasını alacaktı; başaramazsa üç yılı boşa gitmiş olacaktı. Tezini 1948 baharında savunması gerekiyordu.

Bu tür tez savunmaları genellikle kamuya açık etkinliklerdir ancak geniş kitlelerin beğenilerine her zaman hitap etmedikleri için çoğunlukla aileler, yakın arkadaşlar

ve konuyla ilgili olan birkaç akademisyen katılır. Ancak yirmi yedi yaşında bir öğrencinin önemli bir bilimsel gelişme gerçekleştirdiği haberi Washington'da kısa sürede yayıldı ve bu nedenle Alpher, tezini gazeteciler dahil üç yüz kişiyle dolu bir salonda savunmak zorunda kaldı. Kalabalık, dikkatlice anlamadıkları soruları ve Alpher'in daha da anlaşılmaz cevaplarını dinledi. Savunmasının sonucunda üniversite, Alpher'e doktorasını vermeye karar vermişti.

Bu arada gazeteciler Alpher'in söylediği bir şeye özel önem göstermişlerdi, ilk hidrojen ve helyum atom çekirdeği sentezinin sadece 300 saniye aldığı. Sonraki birkaç gün boyunca Amerika'daki nerdeyse her gazetenin manşetinde bu haber yer alıyordu. 14 Nisan 1948'de *Washington Post* DÜNYA 5 DAKİKADA YARATILDI diye manşet attı. Ardından iki gün sonra aynı gazetede, Şekil 78'de gösterilen karikatür yayınlandı. 26 Nisan'da *Newsweek* aynı haberi biraz daha genişleterek yayınladı ve diğer elementlerin oluşması için süreyi biraz genişletti: "Bu teoriye göre bilinen tüm elementler sadece bir saat içinde yaratılmışlardır ve o günden beri yıldızların ve gezegenlerin içindedirler." Alpher aslında hidrojen ve helyum dışındaki elementlerden çok az bahsetmişti.

Sonraki birkaç hafta Alpher, ününün keyfini çıkardı. Akademisyenler onun çalışmalarıyla ilgilendi, meraklı halk ona mektuplar yazdı ve bir grup aşırı dindar insan da onun ruhu için dua ettiğini belirtti. Ancak bir süre sonra spot ışığı söndü ve tahmin ettiği gibi Gamow ve Bethe'nin ismi yanında onun ismi sönük kaldı. Fizikçiler makaleyi okudukları zaman, çalışmayı Gamow ve Bethe'nin yapmış olduğunu sandılar ve Alpher'in ismini görmezden geldiler. Bir şaka olarak Bethe'nin isminin makaleye eklenmesi, Alpher'in Big Bang modelinin oluşturulmasındaki payının göz ardı edilmesine neden olmuştu.

"Beş Dakika, Ha?"



Şekil 78: "Beş dakika ha?" Ünlü karikatürist Herbert L. Block ("Herblock"), 16 Nisan 1948'de yayınlanan bu karikatüründe dünyanın beş dakika içinde yaratıldığı haberini düşünen bir atom bombası çizmişti. Bomba sanki dünyayı beş dakika içinde yok edebileceğini düşünüyor.

Yaratılışın İlahi Çizgileri

Sonradan Alfa-Beta-Gama makalesi olarak bilinen makale, Big Bang modeliyle sonsuz evren modeli arasındaki tartışmada önemli bir kilometre taşıydı. Hayali bir Big Bang sonrası oluşacak olan nükleer tepkimelerle ilgili gerçek hesaplamalar yaparak bu teorinin sınanabileceğini göstermiştir. Big Bang'ı savunanlar artık iki gözlemsel kanıt gösterebiliyordu; evrenin genişliyor olması ve hidrojenle helyumun bolluğu. Bu gözlemler Big Bang teorisine tamamen uyum içindeydi.

Big Bang teorisine karşı çıkanlar, atom çekirdeği sentezinin başarısını yıkmak istediler. İlk tepkileri Gamow ve Alpher'in yaptığı hesaplamalarla günümüzde var olan helyum hidrojen oranının aynı olmasının tamamen bir rastlantı olduğunu söylemekti. İkinci ve daha somut eleştirileri ise Gamow ve Alpher'in, diğer elementlerin oluşmasını açıklayamıyor olduğuydu.

Gamow ve Alpher, yayınladıkları makalede bu problemi bir kenara koyup ilerde ilgilenmek istemişlerdi ama kısa süre içinde araştırmalarının çıkmaz bir sokağa girdiğini fark ettiler: Big Bang'in hemen ardından helyumdan daha ağır bir elementin sentezini yapmak imkânsız gibi görünüyordu.

En büyük engel 5 nükleon hendeği idi. Nükleon atom çekirdeğinde bulunan partiküllere verilen genel addır, yani hem protonları hem de nötronları kapsar. Bu yüzden:

Normal hidrojende 1 proton + 0 nötron = 1 nükleon
Döteryum hidrojeninde 1 proton + 1 nötron = 2 nükleon
Tritium hidrojeninde 1 proton + 2 nötron = 3 nükleon
Normal helyumda 2 proton + 2 nötron = 4 nükleon

Bir sonraki ağır atom çekirdeğinde beş nükleon olması gerekir, ama bu tür bir çekirdeğin varlığı imkânsızdır çünkü çekirdek güçlerinin birbirleriyle olan karmaşık iliş-

kileri yüzünden çok kararsız olur. Ancak kararsız 5 nükleon çekirdeği aşamasını geçince karbon (genellikle 12 nükleonlu), oksijen (genellikle 16 nükleonlu) ve potasyum (genellikle 39 nükleonlu) gibi kararlı olan birçok çekirdek vardır.

Nükleon sayısının belirli çekirdeklerin kararlılığını ve varlığını belirlemesini biraz daha iyi anlamak için araçları ve tekerlek sayılarını düşünebiliriz. Tek, iki ve üç tekerlekli bisikletler mevcuttur, dört tekerlekli arabalar da vardır. Ancak beş tekerlekli bir araç yoktur, çünkü beşinci tekerin hiçbir yararı olmadığı gibi aracın dengesini de bozarak zarar verebilir. Ancak bir teker daha eklenirse aracın dengesi düzelir ve yük dağılımı dengelenir, bu yüzden birçok kamyonun altı tekeri vardır. Benzer şekilde, ancak farklı sebeplerden ötürü 1, 2, 3, 4 ve 6 nükleonlu çekirdeklerin hepsi kararlıyken 5 nükleonlu çekirdekler kararsızdır ve doğada bulunmazlar.

Fakat 5 nükleonlu çekirdeklerin var olmaması Gamow ve Alpher için neden bu kadar kötüydü? 5 nükleonlu çekirdekler, karbon ve benzeri ağır elementleri oluşturacak olan atom çekirdeği sentezinde aşılamaz bir hendek oluşturuyordu. Hafif bir çekirdeği ağır bir çekirdeğe dönüştürme yolunda birkaç adım vardır ve bu adımlardan biri gerçekleşmiyorsa tüm yol kapanmış olur. Daha ağır bir çekirdeğe ulaşmanın en kolay yolu, bir helyum çekirdeğine bir nötron veya proton eklemek olabilir ancak tam da böyle bir çekirdeğin varlığı imkânsızdır. Bu yüzden daha ağır elementlere giden yol kapanmıştı.

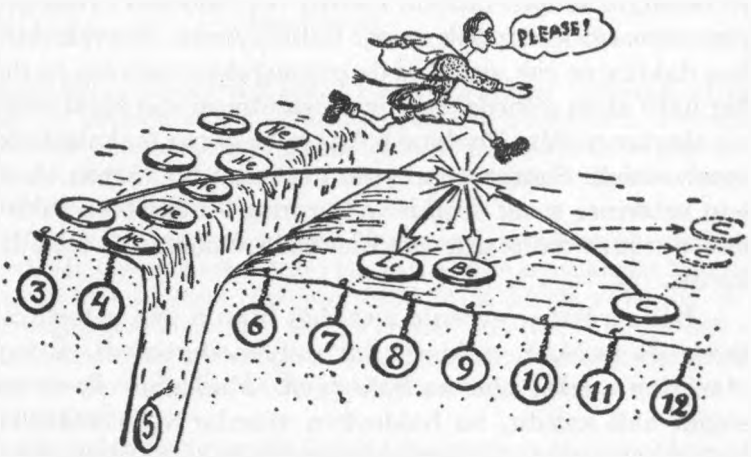
Kararsız 5 nükleon çekirdeğini geçmenin bir yolu, helyum çekirdeğinin aynı anda bir proton ve bir nötron alarak kararlı olan lityuma dönüşmesi olabilirdi. Ancak bir proton ve nötronun doğru şekilde bir helyum çekirdeğine çarpma şansı yok denilebilecek kadar azdır. Çekirdek tepkimeleri, gerçekleşmesi zor olaylardır ve iki tepkimenin aynı anda olmasını beklemek boşunadır.

5 nükleon çekirdeğini atlamanın bir diğer yolu da 4 nükleonlu iki helyum çekirdeğinin birleşerek 8 nükleonlu

bir çekirdek ortaya çıkarmasıdır ama 5 nükleonlu bir çekirdek kararsız olduğu gibi 8 nükleonlu bir çekirdek de kararsızdır. Bu yüzden doğa, hafif çekirdeklerin daha ağır çekirdeklere dönüşme yolunu kapamış gibi görünüyordu.

Ancak Gamow ve Alpher sabrettiler. En son elde edilen çekirdek kesiti verileri ve nötron ömrüyle hesaplamalarını güncellediler. Aynı zamanda önceki makalelerinde sadece Marchant & Friden marka elektrikli hesap makinesi kullanan ikili, hesaplama teknolojisinin geliştirdiği en son yenilikleri kullanmaya başladılar. Reeves marka bir analog bilgisayar aldılar ve onu manyetik bir bilgisayara dönüştürdüler. Ardından IBM marka programlanabilir bir hesap makinesi ve ilk dijital bilgisayarlardan olan bir SEAC aldılar.

İyi haber, hidrojen ve helyum oranı tahminlerinin hâlâ doğru olmasıydı. Akademik rakiplerinin yaptıkları ba-



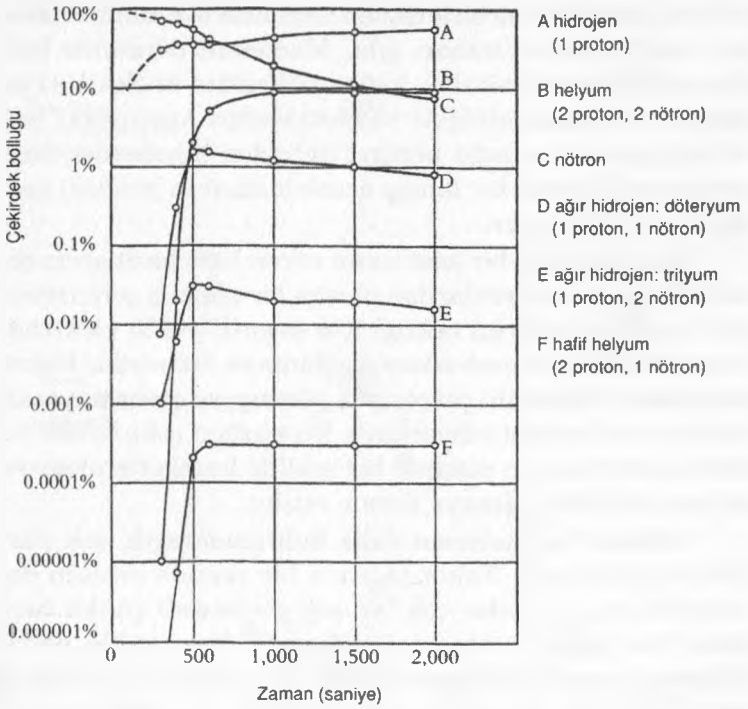
Şekil 79: Macaristan doğumlu fizikçi Eugene Wigner, başarısız bir şekilde beş nükleon boşluğunu atlayıp helyumdan karbon atomuna ve ötesine geçmeye uğraştı. George Gamow, Wigner'in başarısız olduğu deneyleri göstermek için bu karikatürü çizmişti.

ğımsız hesaplamalar bile Şekil 80'de gösterildiği gibi, Big Bang sırasında ortaya çıkabilecek hidrojen helyum oranı, günümüzde gözlemlenen hidrojen helyum oranıyla aşağı yukarı uyumluydu. Kötü haberse, daha iyi hesaplama tekniklerine rağmen helyumdan daha ağır çekirdek üretme sorunu aşılamamıştı.

Ağır atomların atom çekirdeği sentezi sorunlarla uğraşa dursun Alpher, Robert Herman adında başka bir meslektaşıyla birlikte Big Bang teorisinin başka bir özelliği üzerinde çalışmaya başladı. Alpher ve Herman'ın çok ortak noktaları vardı. Her ikisi de New York'a yerleşmiş Rus Musevilerin oğluydu ve her ikisi de isim yapmaya çalışan genç bilim adamlarıydı. Herman, Alpher ve Gamow'un kozmoloji tartışmalarını duyduğunda dayanamadı ve araştırmamanın bir parçası oldu. Evrenin ilk zamanları üzerine hesaplamalar yapma fikri dayanılmayacak kadar çekiciydi.

Alpher ve Herman ortaklıklarına Big Bang modelinin öngördüğü evrenin ilk anlarını ziyaret ederek başladılar. Evrenin ilk safhası tam bir kaostu ve maddenin evrim geçiremeyeceği kadar çok enerji bulunuyordu. Sonraki birkaç dakika ne çok sıcak ne de çok soğuktu, helyum ve diğer hafif atom çekirdeklerinin oluşabilmesi için ideal ortamı oluşturunuyordu. Bu dönem Alfa-beta-gama makalesinde incelenmişti. Sonrasında evren herhangi bir füzyon olayı için yeterince sıcak değildi ve kararsız 5 nükleonlu çekirdek durumu daha ağır çekirdeklerin oluşmasını engelliyordu.

Her ne kadar evrenin sıcaklığı füzyon için yeterli olmasa da sıcaklık, yaklaşık bir milyon dereceydi ve var olan tüm madde *plazma* halindeydi. Maddenin ilk ve en soğuk hali katıdır, bu haldeyken atomlar ve moleküller birbirlerine sıkıca bağlıdır, buzda olduğu gibi. Biraz daha ısınınca madde sıvı hale geçer. Sıvı halde atomlar ve moleküller daha gevşek bir şekilde birbirlerine bağlıdır ve akabilirler, suda olduğu gibi. Üçüncü ve daha sıcak hal ise gaz halidir. Bu halde atomlar ve moleküller arasında hiç-



Şekil 80: Nükleer fizikçi Enrico Fermi ve Anthony Turkevich, evrenin ilk zamanlarındaki element bolluklarını hesapladılar. Evrenin ilk 2000 saniyesindeki elementlerin dağılımını gösteren bu grafiğin de belirttiği gibi elde ettikleri sonuçlar, Gamow ve Alpher'in sonuçlarıyla uyumluydu.

Nötron sayısı, nötronlar sürekli olarak protona dönüştüğü için düşmektedir. Aynı sebepten ötürü proton sayısı da artmaktadır. Nötron sayısındaki azalmanın bir diğer sebebi de sürekli olarak helyum çekirdeğine katılmalarıdır. Böylece helyum da evrende en çok bulunan ikinci element olmaktadır. Grafikte gösterilen diğer çizgiler de hidrojenen helyuma dönüşürken ortaya çıkan hidrojen ve helyum izotoplarıdır.

Astronomlar günümüzdeki deuterium ve tritium oranlarını hesapladılar ve elde ettikleri rakamlar Alpher, Gamow, Fermi ve Turkevich'in elde ettiği rakamlarla uyumluydu. Bu olgu, Big Bang modelinin bir diğer ispatıydı çünkü evrende bulunan hafif atom çekirdeklerinin nasıl ortaya çıktıklarını açıklayabiliyordu. Gamow, bu grafikteki çizgileri "yaratılışın ilahî çizgileri" olarak betimliyordu.

bir bağ yoktur ve birbirlerinden bağımsız bir şekilde hareket edebilirler, su buharı gibi. Maddenin dördüncü hali olan plazmada sıcaklık o kadar yüksektir ki Şekil 81'de gösterildiği üzere atomlar ve elektronları arasındaki bağ kopar. İnsanların çoğu plazma halinden bihaberdir, ama ne zaman florasın bir lamba açsak lambanın içindeki gaz, plazma haline geçer.

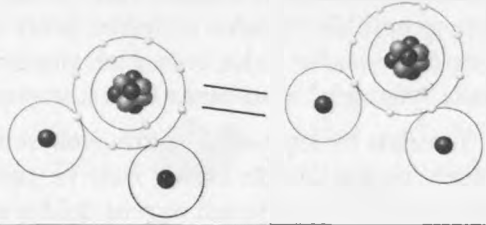
Yaratılışından bir saat sonra evren hâlâ basit atom çekirdekleri ve elektronlardan oluşan bir plazma çorbasıydı. Zıt kutuplar birbirini çektiği için negatif yüklü elektronlar, pozitif yüklü protonlara bağlanmak istiyordu. Fakat atom çekirdeklerinin çevresinde yörüngeye oturamayacak kadar hızlı hareket ediyorlardı. Bu yüzden çekirdekler ve elektronlar hızlı ve rastgele bir şekilde hareket etmeye ve plazma halinde kalmaya devam ettiler.

Evrende bir malzeme daha bulunmaktaydı: çok parlak bir ışık denizi. Fakat şaşırtıcı bir şekilde evrenin doğumuna şahit olanlar çok bir şey göremezdi çünkü herhangi bir şeyin görülmesi imkânsızdı. Işık, yüklü partiküllerle kolayca etkileşime girer, bu yüzden plazmadaki partiküllerden sürekli olarak yansır ve opak görünümünde bir evrenle sonuçlanırdı. Işık sürekli olarak yansıdığı için plazma halindeki madde, bir sis gibi görünürdü. Siste yolculuk ederken önünüzdeki arabayı göremezsiniz çünkü ondan gelen ışık size gelmeden önce sürekli sisin içindeki su partiküllerinden yansır.

Alpher ve Herman evrenin bu ilk zamanları hakkında çalışmaya devam ettiler ve evren genişledikçe bu ışık ve plazma denizine ne olacağını düşündüler. Evren genişledikçe, içindeki enerjinin daha geniş bir hacme yayılacağını böylece de evrenin ve içerisindeki plazmanın gittikçe soğuyacağını fark ettiler. İki genç fizikçi plazma halinin devam edemeyeceği kadar soğuk bir zaman geleceğini ve elektronların hidrojen ve helyum çekirdeklerinin yörüngelerine gireceğini tahmin ettiler. Hidrojen ve helyum, yaklaşık 3000°C'da plazmadan gaz haline geçer, Alpher ve Herman da evrenin bu sıcaklığa düşmesinin yaklaşık

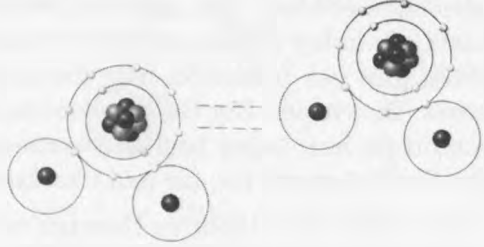
Katı buz:
moleküller arasında
güçlü bağlar

$T < 0^{\circ}\text{C}$



Sıvı su:
moleküller arasında
zayıf bağlar

$0^{\circ}\text{C} < T < 100^{\circ}\text{C}$



Buhar:
moleküller arasında
bağ yok

$T > 100^{\circ}\text{C}$



Plazma:
moleküller atomlarına ayrılmış
ve elektronlar atomlardan kopmuş

$T > 10.000^{\circ}\text{C}$



Şekil 81: Bu dört şekil, su örneğinde maddenin dört halini göstermektedir. Su H_2O 'dur, yani iki hidrojen bir oksijen atomundan meydana gelir. Bu moleküller birbirlerine bağlandıkları zaman katı haldedirler, ancak sıcaklıkla bu bağlar esneyip kopabilir ve sıvı ve gaz halini oluştururlar. Daha fazla ısı enerjisi, elektronlarla çekirdeğin arasındaki bağı kopartıp plazma halini ortaya çıkarır.

300,000 yıl alacağını hesapladılar. Plazmadan gaz haline geçişe genellikle *yeniden birleşme* denir (aslında elektronlar ve çekirdekler daha önce birleşmemiş olduğu için buradaki “yeniden” sözü biraz kafa karıştırıcı olabilir).

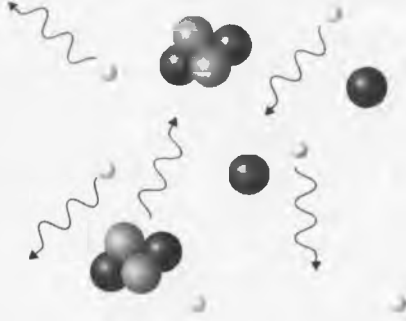
Yeniden birleşmeden sonra elektronlar, pozitif çekirdeklerle birleştiği için evren, nötr ve gaz halindeki parçacıklarla doldu. Bu durum evreni dolduran ışığın durumunu derinden etkiledi. Işık, plazma halindeki yüklü parçacıklarla çok kolay etkileşime girer, ancak Şekil 82’de gösterildiği gibi gaz halindeki nötr parçacıklarla etkileşime giremez. Bu yüzden Big Bang modeline göre yeniden birleşmenin ilk anı, ışığın boşlukta serbestçe gidebildiği ilk andır. Sanki kozmik sis, bir anda kalkmıştı.

Aynı zamanda Alpher ve Herman’ın zihinlerindeki sis de kalkmıştı. Eğer Big Bang modeli doğruysa ve Alpher ile Herman fiziği biliyorlarsa Big Bang zamanında ortaya çıkan ışık, hâlâ evrende olmalıydı, çünkü evrende bulunan nötr parçacıklarla etkileşime giremiyordu. Yani evrenin yaratılışında, plazma dönemi sonrası salınan ışık hâlâ bir fosil olarak var olmalıydı. Bu ışık Big Bang’in mirasıydı.

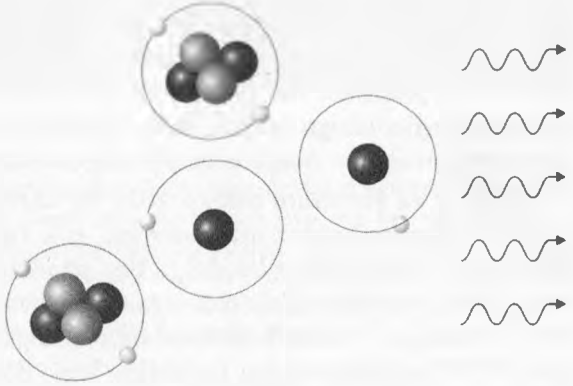
Alfa-Beta-Gama makalesinin yayınlanmasından sadece birkaç ay sonra tamamlanan Alpher ve Herman’ın araştırması, hidrojen ve helyum çekirdeklerinin oluşumunu anlatan makaleden bile daha önemli olabilirdi. İlk makale çok zekiceydi, ama Big Bang’e karşı çıkanlar, makaledeki sonuçların o şekilde çıkması için düzenlendiğini iddia edebilirlerdi. Alpher ve Gamow ilk hesaplamalarını yapmaya başladıkları zaman bile bulmak istedikleri cevabı biliyorlardı. Bu yüzden teorik hesaplamalar gözlemlerle örtüşdüğünde, eleştirmenleri Alpher ve Gamow’un doğru cevabı bulmak için hesaplamalar yaptıklarını söylediler. Big Bang’e karşı çıkanlar, Alpher ve Gamow’u haksız yere, doğru cevabı bulmak için rakamlarla ve teorileriyle oynayarak hile yapmakla suçladı.

Buna karşın, yaratılıştan 300,000 yıl sonra ortaya çıkan bir ışığın tahmin edilmesi, kesinlikle gözlemden son-

(a)



(b)



Şekil 82: Yeniden birleşmenin gerçekleştiği an, Big Bang modeline göre evren tarihinde çok önemli bir andır. Şekil (a)'da Big Bang'den sonraki ilk 300,000 yıl gösterilmektedir. Işık sürekli yüklü partikül- lere çarptığı için etrafa yayılıp dağılmaktaydı. Şekil (b)'de yeniden birleşme sonrası dönem gösterilmektedir. Bu dönemde sıcaklık hel- yum ve hidrojen çekirdeklerinin elektron kapabilecekleri kadar dü- şüktü. Atomlar nötr olduğu için ışığın dağılmasını sağlayacak par- tiküller yoktu. Bu yüzden evren ışığı geçirebilecek kadar şeffaftı ve ışık tüm evrende serbestçe yayılmaya başladı.

ra yapılmış bir tahmin değildi. Verilerle oynandığı iddiası öne sürülemezdi. Evrenin ilk ortaya çıktığı zamanlardan gelen bu ışık sadece Big Bang modeline dayandırılarak yapılmıştı ve böylece Alpher ve Herman, Big Bang için bir ölüm kalım testi sunuyordu. Eğer bu ışık bulunursa evrenin gerçekten Big Bang'le başladığına dair çok güçlü bir kanıt elde edilecekti. Fakat eğer bu ışık yoksa Big Bang, gerçekliğini yitirecekti.

Alpher ve Herman, yeniden birleşmenin gerçekleştiği sırada ortaya çıkan ışığın dalga boyunun yaklaşık milimetrenin binde biri olduğunu tahmin ettiler. Bu dalga boyu, plazma sisi kalktığında evrenin soğumasının doğrudan bir sonucuydu. Ancak tüm bu ışık dalgaları, evren genişlediği için uzamış olmalıydı. Dalga boylarının genişlemesi, Hubble gibi astronomların ölçtüğü galaksilerin ışığının kırmızıya kaymasına benzemektedir. Alpher ve Herman, kendilerine güvenir bir şekilde, uzayan dalga boylarının artık yaklaşık bir milimetre olması gerektiğini söylüyorlardı. Bu dalga boyu, insan gözüyle görülemez ve spektrumun mikro dalga denilen bölgesinde bulunur.

Alpher ve Herman, çok spesifik bir tahminde bulunuyorlardı. Evren, bu bir milimetrelik, çok zayıf mikro dalga ile dolu olmalıydı ve bu dalga her yönden geliyor olmalıydı, çünkü yeniden birleşme sırasında evrenin her yerinde var olmuştu. *Kozmik mikrodalga arkaplan ışıması* denilen CMB radyasyonunu bulabilen kişi, Big Bang'in gerçekleştiğini kanıtlayabilirdi. Bu ölçümü yapacak kişiyi ölümsüzlük bekliyordu.

Maalesef Alpher ve Herman tamamen gözardı edildi. Hiç kimse bu CMB radyasyonunu bulmak için bir çaba göstermedi.

Akademik topluluğun CMB radyasyonunu incelememesinin birçok nedeni vardı ama bu nedenlerden en önemlisi araştırmanın disiplinler arası olmasıydı. Gamow'un ekibi teorik nükleer fiziği kullanarak kozmolojide bir tahmin yapıyorlardı ve bunu sınamak için mikrodalga ışınlarının gözlemlenmesi gerekiyordu. CMB radyasyonu



Şekil 83: Robert Herman (solda) ve Ralph Alpher (sağda) Gamow'la birlikte oldukları bir fotoğraf montajı hazırladılar. Fotoğrafın ortasında, alfa-beta-gama makalesini yayınlamalarının şerefine içtikleri *ylem* şişesi de duruyordu. Alpher bu fotoğrafı bir slayt gösterisinin arasına gizlice koymuştu, bu yüzden Gamow 1949'da Los Alamos'ta bir seminer verirken slaytların arasından bu fotoğraf çıkınca seyirci kadar Gamow da şaşırmıştı. Burada Gamow *ylem* şişesinden çıkan bir lamba cini gibi gösterilmektedir.

tahminini, test edebilecek insanların astronomi, nükleer fizik ve mikrodalga gözlemi konularında uzman olmaları gerekiyordu ve bu üç konuda da uzman olduğunu söyleyebilecek çok az insan vardı.

Bir bilim adamı bu üç konuda uzman olsa bile CMB radyasyonunu bulmaya zaman ayırmazdı çünkü mikrodalga teknolojisi daha çok genç olduğu için bu işin teknik olarak mümkün olduğuna inanmazdı. Teknik zorluklar konusunda iyimser olsa bile projenin getirileri konusunda şüpheliydi. Astronomların büyük bir çoğunluğu

henüz Big Bang modelini kabul etmemişlerdi ve hâlâ muhafazakâr bir şekilde sonsuz evren modeline inanıyorlardı. Bu yüzden, daha varlığı kesinleşmemiş bir Big Bang'in ortaya çıkardığı söylenen CMB radyasyonunu niye aramak istesinlerdi ki? Alpher sonradan, Herman ve Gamow'la birlikte astronomları çalışmalarının önemli olduğuna ikna etmeye uğraştıklarını anlatır: "Zamanımızın çoğunu çalışmalarımızın önemli olduğunu anlatmakla geçirdik. Kimse inanmadı, kimse bu radyasyonun ölçülebileceğini düşünmedi."

Alpher, Gamow ve Herman'ın imaj problemi, üçlünün sorunlarını arttırıyordu. Genellikle onlara, bir şaklabanın izinde ilerleyen iki genç olarak bakılıyordu. Gamow, şakalarıyla ve fiziği mizahi bir şekilde kullanmasıyla ünlüydü. Bir keresinde Tanrı'nın Dünya'dan 9.5 ışık yılı uzaklıkta yaşadığını söylemişti. Bu tahmini yapmasının sebebi 1904'teki Rusya-Japonya savaşı sırasında Rusya'daki bütün Kiliseler Tanrı'ya dua ederek Japonya'nın yıkılmasını dilemişlerdi ancak Japonya'nın yıkımı 1923'teki Kanto depremiyle gerçekleşmişti. Gamow, mizahi bir şekilde duaların ve Tanrı'nın gazabının ışık hızıyla ilerlediğini, bu yüzden dualarla deprem arasındaki 19 yılın, Tanrı'nın 9.5 ışık yılı uzakta olduğunu gösterdiğini söylemişti. Gamow ayrıca *Bay Tompkins Harikalar Diyarında* adlı bir kitapla da ünlüydü. Bu kitaptaki hayal dünyasında ışık hızı saatte birkaç kilometreydi ve böylece basit bir bisiklet yolculuğunda zaman bükülmesi ve mekân genişlemesi gibi izafiyetin etkileri belli oluyordu.

Maalesef Gamow'un rakipleri, izafiyeti popülerleştirmek için yapılan bu çabayı basitçe ve çocukça gördüler. Alpher içlerinde bulundukları durumu şöyle özetliyordu: "Fizik ve kozmoloji üzerine popüler seviyede çalışmalar kaleme aldığı için ve çalışmalarını mizahi bir şekilde sunduğu için meslektaşları olan bilim adamları tarafından genellikle ciddiye alınmıyordu. Onu ciddiye almamaları bize de yansıyor, çünkü biz de kozmoloji gibi çok spekülatif bir alanda çalışmalar yapıyorduk."

Çalışmalarının önemli bir ölçüde umursanmaması yüzünden üçlü isteksizce de olsa 1953'te çalışmalarının özeti ve son hesaplamalarını bir makalede yayınlayıp projelerini sonlandırdılar. Gamow başka araştırma alanlarına kaydı ve DNA'nın kimyası dahil birçok alanda araştırma yaptı. Alpher akademiyi bırakıp General Electric firmasında araştırmacı oldu. Herman da General Motors Araştırma Laboratuvarlarına katıldı.

Gamow, Alpher ve Herman'ın çalışmayı bırakmaları Big Bang modelinin kaderine benziyordu. Birkaç yıl daha model üzerine uğraşıldıktan sonra Big Bang modeli birkaç önemli sorunla karşılaştı. Öncelikle galaksilerin ışığındaki kırmızıya kaymalara dayanılarak yapılan hesaplamalarda Big Bang evreninin yaşı bazı yıldızlardan daha genç çıkıyordu ki bu son derece mantıksızdı. Ayrıca Big Bang modeline göre helyum sonrası atomların üretilmesi imkânsız gibi görünüyordu, ve bu son derece yüz kızartıcıydı, çünkü oksijen ve karbon gibi atomların hiç var olmamaları gerektiğini gösteriyordu. Her ne kadar durum çok kötü gözükse de Big Bang henüz kayıp bir vaka değildi. Eğer birileri Alpher ve Herman'ın öngördüğü CMB radyasyonunu bulabilirse, Big Bang'i kanıtlayan büyük bir delil ortaya çıkacaktı. Ancak maalesef kimse bu radyasyonu aramak istemiyordu.

Aynı zamanda sonsuz evren modelini savunanlar için durum daha parlak görünüyordu. Geliştirilmiş yeni evren modeliyle tekrar saldırıya geçmek üzereydiler. İngiltere'de yaşayan bir grup kozmolog, sonsuz bir evren modelini desteklemekle kalmayıp Hubble'ın gözlemlediği kırmızıya kayma olgusunu da açıklayabilen yeni bir teori geliştiriyorlardı. Sonsuz evren savının bu yeni modeli Big Bang teorisinin en büyük rakibi olacaktı.

Birçok şey değişir, birçok şey aynı kalır

Fred Hoyle, 24 Haziran 1915'te Bingley'de doğmuştu. Yorkshireli asi bir kozmolog, ve yaratıcı bir dahiydi. Big Bang modelinin en büyük ve agresif eleştirmeni olarak evren anlayışımıza büyük katkılar yapacaktı.

Hoyle, gözlem ve tümden gelim yeteneklerini daha çok küçükken göstermişti. Daha dört yaşındayken detaylı bir analiz süreciyle saati okumayı öğrenmişti. Küçük Fred, ebeveynlerinden biri saatin kaç olduğunu sorduğunda diğerinin cevap vermeden önce duvardaki saate baktığını fark etti. Bu yüzden ne olduğunu anlayabilmek için durmadan saatin kaç olduğunu sordu. Bir akşam saat “yediyi yirmi geçtiği” için yatağa yollanmıştı, ve uyumadan birkaç dakika önce saatin gizemini çözdü:

“Birden aklıma bir fikir geldi. Belki de ‘saat’ benim bilmediğim ‘yediyi yirmi geçen’ gizemli bir rakam değil de yedi ve yirmi olan iki farklı rakam olabilir miydi? Saatin üzerinde iki kol vardı. Belki de rakamların biri bir kola, diğeri de ikinci kola aitti. Ertesi gün birkaç defa daha saati sorunca bunun böyle olduğunu anladım. Saatin yüzündeki rakamlar çok büyük olduğu için onları rahatlıkla okuyabiliyordum ve iki set rakamın olduğunu fark ettim. Saatin bir kolu bir sıra rakama, diğer kolu da öbür sıradaki rakamlara aitti. Tabi daha ‘geçe’ ve ‘kala’ ne demek bilmiyordum ama bence saatin gizemini çözmüştüm. Artık rüzgârın neden estiği gibi farklı problemlerle uğraşabiliyordim.”

Fred dünyayı kendi başına öğrenmeyi tercih ediyordu, ve bu yüzden düzenli olarak okuldan kaçıyor, bazen de haftalarca sınıfa gitmiyordu. Otobiyografisinde bir öğretmenin ona, çok daha mantıklı ve kullanışlı olan Arap rakamları varken ona son derece boşuna gelen Roma rakamlarını öğretmeye çalışmasını anlatıyor: “Bu katlanılır bir şey değildi, ve insan zekâsına böylesine hakaret edildiği o gün, o okuldaki son günüm oldu.” Bir diğer okulda Fred öğretmenine çiçekler getirdi ve çiçeklerin öğretmenin de-

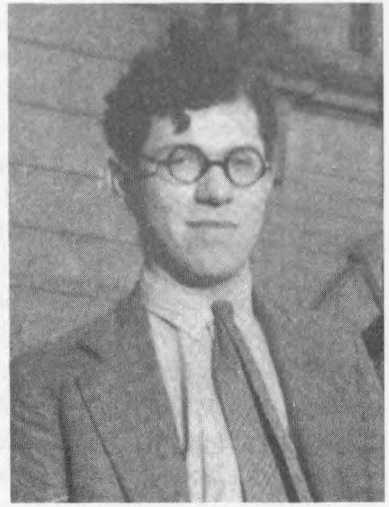
diğinden daha fazla ta yaprakları olduğunu gösterdi. ğretmeni de karşılık olarak Fred'i ukala olduğu için tokatladi. Doğal olarak Fred sınıftan çıktı ve bir daha geri dönmedi.

Genç Fred okuldan çok, zamanını yerel sinemada geçiriyordu. Kaçırdığı derslerin bazılarını, sessiz filmlerin yazılarını okuyarak telafı ediyordu. "Okumayı Hipodrom sinemasında öğrendim... Çok daha iyi bir eğitim kurumuymdu... ve girişi sadece 1 penny olduğu için çok daha ucuzdu."

Biraz daha büyüyünce Fred astronomiyle ilgilenmeye başladı. Babası eğitim almamış bir kumaş tccarıydı ve bazen onunla birlikte komşu kasabada oturan ve teleskobu olan bir arkadaşını ziyarete giderdi. Orada gece boyu yıldızları izlerler ve sabah erkenden eve geri dönerlerdi. Fred'in astronomiye olan ilgisi, on iki yaşındayken Arthur Eddington'ın *Yıldızlar ve Atomlar* kitabını okuyunca daha da arttı.

Zamanla İngiliz Eğitim sistemine bir şans daha vermeye ikna oldu. Bingley Gramer Okuluna yazıldı ve sonrasında geleneksel bir akademik yolculuk yaptı. 1933'te Cambridge, Emmanuel Kolejinde matematik okumak için burs kazandı. Çok başarılı oldu ve sadece uygulamalı matematik dalındaki en iyi öğrenciye verilen Mayhew dl'n kazandı. Mezun olduktan sonra yine Cambridge'de doktora ğrencisi oldu ve Rudolf Peierls, Paul Dirac, Max Born ve kahramanı Arthur Eddington gibi ünlü isimlerle birlikte çalıştı. 1939'da doktorasını aldıktan sonra St. John's Koleji'nde çalışmaya başladı ve araştırmalarını yıldızların evrimine yöneltti.

Ardından Hoyle'un akademik kariyeri bir anda duraklamak zorunda kaldı. "Savaş her şeyi değiştirecekti. Bilim dalları arasındaki karşılaştırmalı bilgilerimi yok edecek, ve tam da araştırmada kendi ayaklarım üstünde durmaya başlayacakken en üretken ağımı alıp götürecekti." İlk olarak Chichester yakınlarındaki Deniz Kuvvetleri Radar Grubuna alındı, ardından 1942'de Surrey,



Şekil 84: Babası Birinci Dünya Savaşında siperlerde savaşıırken bebek Fred Hoyle ve karısının bu fotoğrafını yanında taşıyordu. Fred Hoyle oyuncak ayısıyla çekilmiş olan fotoğrafını (yukarda solda) anlatırken kendini “yanlış bir şekilde Dünya’nın aslında güzel bir yer olduğuna inanmış bir haldeydim” diye tanımlıyordu. On yaşındaki fotoğrafında ise yaramazlığının zirvesindeki halini görmekteyiz. Son fotoğraf ise Cambridge’de genç bir öğrenciyken çekilmiş.

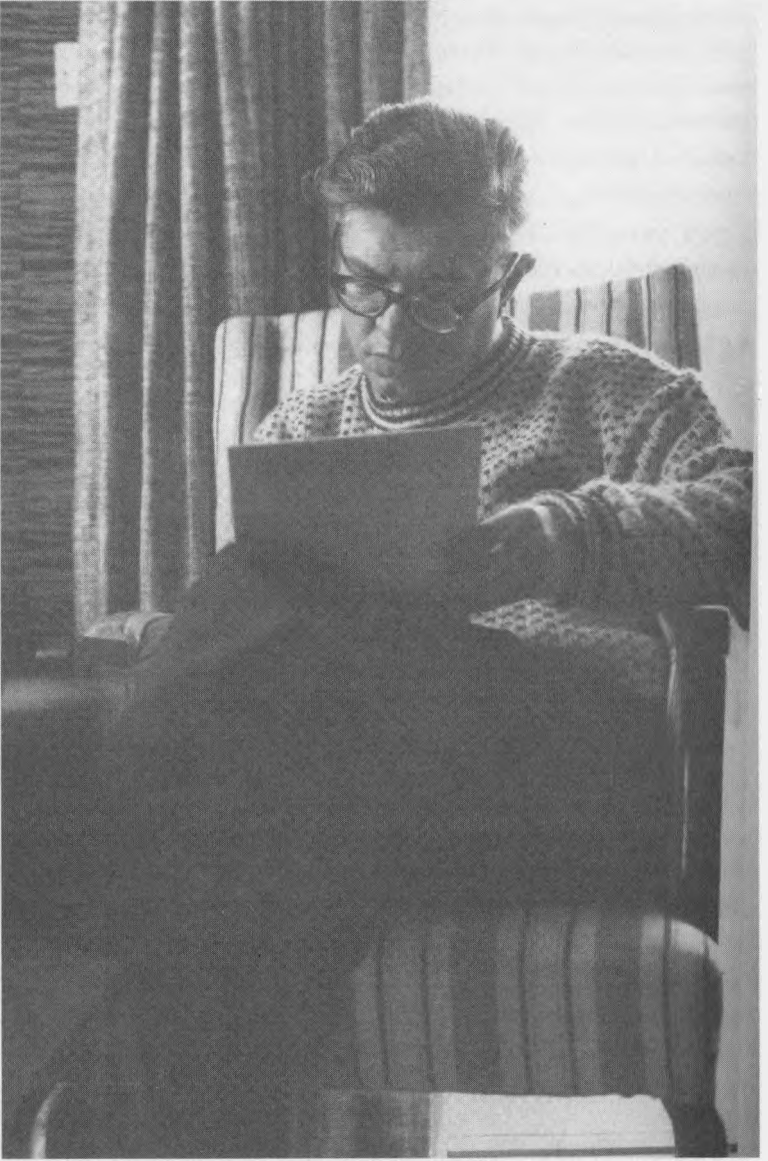
Witley'deki Deniz Kuvvetleri Sinyal Merkezi'ne takım lideri olarak atandı. Burada onun gibi astronomiye ilgi duyan Thomas Gold ve Hermann Bondi ile tanıştı. Sonraki yıllarda Hoyle, Bondi ve Gold arasındaki işbirliği, Amerikalı rakipleri olan Gamow, Alpher ve Herman kadar meşhur olacaktı.

Viyana'da birlikte yetiştikten sonra yine Cambridge'de birlikte okuyan Gold ve Bondi, Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı'na yakın bir evde birlikte kalıyorlardı. Hoyle'un kendi evi 80 km uzakta olduğu için ve vakitini sürekli yolda geçirmek istemediği için haftanın birçok gecesi onlarla kalıyordu. Daha iyi radar sistemleri geliştirmek için gün boyu araştırma yaptıktan sonra üç adam, evlerinde dinleniyor ve savaştan önce ilgilendikleri konularla ilgili mini seminerler veriyorlardı.

Özellikle Hubble'ın genişleyen evren gözlemleri ve bunun sonuçlarıyla ilgili konuşuyorlardı. Ne zaman bir kozmoloji problemiyle uğraşsalar üçü de belirli görevler üstlenirdi. Matematiğe yetenekli olan Bondi, tartışmalarının mantıklı bir zemine oturmasını sağlar ve ortaya çıkan denklemleri çözerdi. Bilime ve fiziğe daha yatkın olan Gold, Bondi'nin denklemlerinin fiziksel açıklamalarını sağlardı. Aralarında en kıdemli olan Hoyle spekülasyonun yönünü belirlerdi. Gold'un anlattığı üzere:

“Fred Hoyle ısrarla bize soruyordu: Hubble genişlemesi ne anlama gelebilir? Hoyle'un bize sunduğu sorun buydu. Fred, Bondi'yi yerde bağdaş oturtur ve onun arkasındaki bir koltuğa kurulurdu. Daha hızlı yazması için de sanki bir atı kamçılar gibi, her beş dakikada bir sırtını tekmelerdi. Orada oturur, “Hadi, şimdi şunu yap, bunu yap” der, Bondi de inanılmaz hızlarla hesaplar yapardı. Fakat bazen neyi hesapladığını kendisi de unuturdu. Bir keresinde Fred'e ‘Şimdi burada 10^{46} 'yla çarpıyor muyum yoksa bölüyor muyum?’ diye sormuştu.”

Savaştan sonra Hoyle, Bondi ve Gold, astronomi, matematik ve mühendislik kariyerleri yapmaya başladılar,



Şekil 85: Fred Hoyle, fiziğin ve astronominin birçok alanına değerli katkılarda bulundu, ancak kendisi Sabit Evren modeliyle ünlüdür.

ama üçü de Cambridge’de kaldığı için part time kozmoloji beyin fırtınalarına devam ediyorlardı. Hoyle ve Gold, düzenli olarak Bondi’nin evinde toplanırlar ve iki farklı evren teorisinin, yani Big Bang ve sonsuz evren modellerinin, artılarını ve eksilerini tartışırlardı. Tartışmaları Big Bang modeline karşı önyargılıydı, çünkü hem evrenin içindeki yıldızlardan daha genç olduğunu söylüyor hem de kimse Big Bang’den önce ne olduğunu bilmiyordu. Aynı zamanda üçü de Hubble’ın gözlemlerinin genişleyen bir evrene işaret ettiğini kabul etmek zorundaydı.

Ardından, birden Cambridge üçlüsü 1946’da büyük bir başarı yakaladı. Evrenin çok farklı ve yeni bir modelini kurdular. Modelleri olağan dışıydı, çünkü daha önceden düşünülmesi imkânsız bir uzlaşmayı gerçekleştiriyordu. Hem gittikçe genişleyen hem de özünde hiç değişmeyen ve gerçekten de sonsuz olan bir evren modeli kurdular. O ana kadar, kozmik genişleme sadece Big Bang’le özdeşleşmiş bir olguydu. Ancak yeni model, Hubble’ın kırmızıya kayan ışık dalgaları gözlemlerinin ve uzaklaşan galaksilerin aynı zamanda geleneksel sonsuz evren modeliyle de uyumlu olabileceğini söylüyordu.

Bu yeni model için, Eylül 1945’te vizyona giren *Dead of Night* (Gecenin Sonu) filminden ilham aldıkları söylenir. Her ne kadar film, Ealing Stüdyoları tarafından yapılmış olsa da normalde yaptıkları nazik İngiliz komedilerine benzemiyordu. Hatta savaş sırasında uygulanan ve İngiliz halkının moralini bozabilecek filmlere engel koyan yasanın kaldırılmasından sonra çekilen ilk korku filmiydi.

Başröllerinde Mervyn Johns, Michael Redgrave ve Googie Withers’ın oynadığı *Dead of Night* filminde, mimar Walter Craig bir gün yatağından kalkıp taşraya gider ve yeni bir mimari projeyi konuşmak için bir çiftlik evini ziyaret eder. Çiftliğe vardığı zaman, ev sakinlerini sürekli gördüğü bir kabustan hatırladığını fark eder ve bunu onlara söyler. Ev sakinleri merakla ve şüpheyile karşılık verirler ve teker teker hepsi kendi garip deneyimlerini Cra-

ig'e anlatırlar ve beş farklı korku hikâyesi seyrederek. Bu korku hikâyeleri domestik cinayetlerden hasta ruhlu bir vantriloka kadar uzanmaktadır. Her hikâyede Craig daha çok korkmaya başlar ve filmin sonunda olaylar tam bir kabusla dönüşür. Ancak birden uyanır ve tüm olup bitenlerin sadece kötü bir rüya olduğunu anlar. Yatağından kalkar, giyinir, taşraya doğru bir yolculuğa başlar ve yeni bir mimari projeyi konuşmak için bir çiftlik evini ziyaret eder. Çiftlik evine vardığı zaman, ev sakinlerini sürekli gördüğü bir kabustan hatırladığını fark eder ve bunu onlara söyler...

Filmin farklı bir özelliği vardı, çünkü hikâye zamanla geliyordu, konu film boyunca değişiyor ve ilerliyordu ama yine de film başladığı yerde sonlanıyordu. Film boyunca birçok şey olmuştu ama filmin sonuna gelindiğinde hiçbir şey değişmemişti. Bu dairesel yapı yüzünden film sonsuza kadar devam edebilirdi.

Üç bilim adamı, filmi 1946'da Guildford sinemasında seyretmişti, ve kısa bir süre sonra Gold'un aklına sıra dışı bir fikir geldi. Hoyle sonradan, Gold'un *Dead of Night* filmine tepkisini şöyle anlatıyordu:

"Tommy Gold filminden çok etkilenmişti ve o akşam 'Peki ya evren de bu şekildeyse?' diye sormuştu. İnsanlar genellikle değişmeyen durumları statik olarak algırlar. Bu korku filmi bizdeki bu yanılsamayı ortadan kaldırdı. Dinamik ve değişmeyen durumlar da olabilir, örneğin sürekli ve hiç durmadan akıp giden bir nehir.

Filmden ilham alan Gold, evrenin çok farklı bir modelini geliştirmeye başladı. Bu modelde evren yine genişliyordu ama diğer bütün özellikleriyle Big Bang modelinin zıddıydı. Hatırlayacak olursanız Big Bang modelini savunan bilim adamları, evrenin geçmişte daha yoğun, daha sıcak ve daha küçük olduğunu söylüyordu. Böylece birkaç milyar yıl önce bir yaratılış anı olması gerektiğini ifade ediyorlardı. Buna karşın Gold, genişleyen ama ebedi bir şekilde var olmuş ve çoğunlukla hiç değişmemiş bir evren

tasavvuru geliştirdi. Tıpkı *Dead of Night* filminde olduğu gibi zamanla gelişen ama hiç değişmeyen bir evren olabileceğini hayal etti.

Gold'un ilk bakışta paradoks gibi görünen bu fikrini detaylı bir şekilde açıklamadan önce gelişen değişmezlik konseptinin her yerde bulunduğunu söylemekte fayda var. Hoyle, sürekli akıp giden ama neticede hiç değişmeyen bir nehir örneğini vermişti. Ayrıca lentiküler altokmls adı verilen bir bulut çeşidi vardır ve bu bulutlar şiddetli rzgrlarda bile dağların tepelerinde kalırlar. Nemli hava buluta doğru yukarı çıkar, soğur, yoğunlaşır yeni damlacıklar oluşturur ve bulutun bir parçası olur. Aynı anda bulutun öteki yüzünde rüzgâr; su damlacıklarının bir kısmını sürükler, yağmur olarak aşağıya yağmasını sağlar, ardından yağmur damlaları tekrar ısınır ve buharlaşır. Buluta her saniye yeni damlacıklar eklenir ve çıkar, ama genel anlamda bulut hiç değişmez. Kendi bedenlerimiz bile bu harmoniyi göstermektedirler; bazı hücrelerimiz ölürken, yerlerine diğerleri gelir ve onlar ölürken de yine yeni hücreler oluşur ve bu döngü böyle devam eder. Hatta her birkaç senede bir, tüm hücrelerimiz değişmiş olur ama yine de aynı kişi olmaya devam ederiz.

Peki nasıl oldu da Gold, bu sürekli gelişme ama hiç değişmeme prensibini tüm evrene uyguladı? Sürekli gelişim barizdi, çünkü evren sürekli genişliyordu. Eğer genişlemenin dışında olan bir şey yoksa evren, zamanla değişir ve daha az yoğun olurdu. Big Bang modelini savunanların iddiası da buydu. Ancak Gold evrenin genişlemesine bir ikinci özellik ekledi. Evrenin yoğunluğunun azalmasını engelleyen ve genelde evrenin hiç değişmemesini sağlayan bir zellik. Bu fikre göre evren birbirinden uzaklaşan galaksiler arasında yeni madde üretiyor ve evrenin genel yoğunluğu bu şekilde sabit kalıyordu. Böyle bir evren genişler ve gelişir, ancak görünüşte bir değişim olmaz ve ebedi olur. Genişlemeyle tüketilen bir evren yeniden dolduruluyordu.

Gelişen ama değişmeyen bir evren tasarımı *Sabit Evren Modeli*² olarak bilinecekti. Gold bu fikri ilk söylediğinde, Hoyle ve Bondi bunun saçma olduğunu söylediler. İkinci vakti Bondi'nin evinde oturuyorlardı ve Hoyle daha akşam yemeğine oturmadan Gold'un teorisini dağıtabileceklerini düşünüyordu. Ancak gittikçe acıklmalarına rağmen, Gold'un teorisini çürütememişler ve Gold'un kozmolojisinin kendi içinde tutarlı ve astronomi gözlemleriyle uyumlu olduğunu fark etmişlerdi. Evrenin son derece mantıklı bir teorisiydi. Eğer evren sonsuzsa, o zaman boyutları genişleyerek iki katına çıkabilir ve galaksiler arasında yeni madde olduğu müddetçe yoğunluğu da değişmeden kalabilir. Bu durum Şekil 86'da gösterilmektedir.

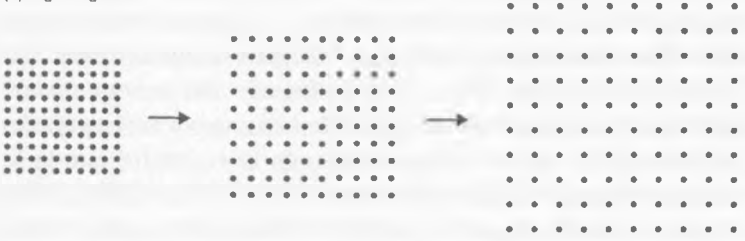
Geçmişteki kozmoloji düşüncesi, evrende yaşadığımız yer olan Samanyolu galaksisi ve çevresinin evrenin diğer bölgeleriyle aynı olduğunu söyleyen kozmoloji prensibine bağlıydı. Yani insanoğlunun evrende özel bir konumu yoktu. Einstein genel izafiyeti tüm evrene uyguladığı zaman bu prensibi kullanmıştı. Ancak Gold bir adım daha ileri gidiyor ve *kusursuz kozmoloji prensibini* öneriyordu: evrende bulunduğumuz bölge, başka bölgelerden farksız olduğu gibi evrende yaşadığımız çağ da diğer çağlardan farksızdır. Evrende ne özel bir yerde ne de özel bir zamanda yaşıyoruz. Gold, Sabit Evren modelinin, kusursuz kozmoloji prensibinin doğal bir sonucu olduğuna inanıyordu.

Cambridge üçlüsü Gold'un fikrini daha da ilerlettiler ve 1949'da iki makale yayınladılar. Gold ve Bondi tarafından yayınlanan ilk makale Sabit Evren modelinin genel felsefi hatlarını içeriyordu. Hoyle bu modeli daha detaylı ve matematiksel açılımlarıyla yayınlamak istiyordu, bu yüzden de ayrı bir makale yazdı. Bu ayrılık sadece yüzeyseldi çünkü Hoyle, Gold ve Bondi birlikte Sabit Evren modelini tanıtmaya ve anlatmaya devam ettiler.

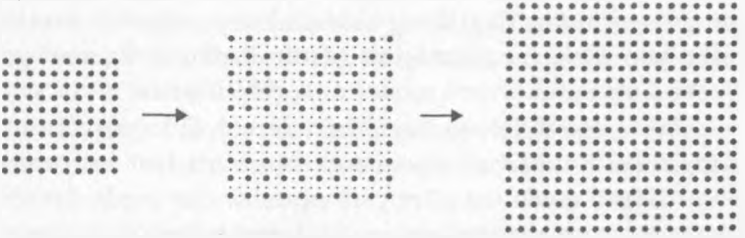
Sabit Evren modeline yöneltilen iki ana soru vardı. Yaratılan bu madde neredeydi ve nereden geliyordu? Ce-

2. "Kararlı Durum Modeli" olarak da bilinmektedir.

(a) Big Bang evreni



(b) Sabit Evren modeli



Şekil 86: Şekil (a), Big Bang evreninin genişlemesini göstermektedir. Evrenin küçük bir kısmı, alanını iki katına çıkarır ve bu işlemi tekrarlar. Galaksileri temsil eden noktalar gittikçe birbirlerinden uzaklaşır ve evrenin yoğunluğu azalır.

Şekil (b)'de ise Sabit Evren modelindeki genişleme gösterilmektedir. Yine evrenin küçük bir kısmı, alanını iki kere ikiye katlar, ama bu sefer orta şekilde gösterildiği gibi galaksilerin arasında yeni galaksiler ortaya çıkar. Bu küçük galaksiler büyüüp tam galaksi olurlar ve böylece genişlemenin üçüncü safhası ilk safhasına aynen benzerdir. Eleştirmenler, her ne kadar yoğunluğu sabit kalmış olsa da evrenin boyutlarının dört katına çıkmış olabileceğini söyleyebilir, ama eğer evren sonsuzsa dört kere sonsuz yine sonsuz olur. Bu yüzden sonsuz bir evren, gerçekten de hiç değişmeden genişleyebilir.

vap olarak Hoyle, kimsenin yıldızların veya galaksilerin birdenbire ortaya çıkmasını beklememesini söyledi. Evrenin genişlemesini telafi edecek bir madde üretimi, her yüzyılda bir Empire State binası hacimde bir atom üretilmesi kadardır ve bu tip bir üretim de Dünya'dan gözlenemez. Bu atomların nasıl yaratıldığını anlatabilmek için Hoyle üretim alanı diye bir fikir önerdi. Bu tamamen varsayımsal alan evrenin her yerinde bulunuyordu ve spontane bir şekilde atom üretilip statükoyu koruyordu. Hoyle bu üretim alanının arkasında yatan fiziği bilmediğini itiraf etmek zorundaydı, ama sürekli üretimin bir anda oluşan bir yaratılıştan daha mantıklı olduğunu düşünüyordu.

Artık kozmologlar için iki açık seçenek vardı. Bir yaratılış anını sonlu bir geçmiş, ve günümüzden çok farklı bir geleceği olan Big Bang teorisini veya sürekli üretim halindeki ebedi bir geçmiş ve günümüzden farksız bir geleceği olan Sabit Evren modelini seçebilirlerdi.

Hoyle, Sabit Evren modelinin gerçek olduğunu kanıtlamak için haklılığını gösterecek kesin bir test istiyordu. Sabit Evren modeline göre yeni atomlar her yerde üretiliyordu ve zamanla bu yeni maddeler galaksileri oluşturmaktı. Bu bebek galaksiler hem bizim yakınlarımızda hem de evrenin her köşesinde var olmalıydılar. Eğer Sabit Evren modeli doğruysa astronomlar bu bebek galaksileri her yerde görebilmeliydiler. Ancak Big Bang modeli çok daha farklı bir senaryo öneriyordu. Tüm evrenin aynı anda yaratıldığını ve aynı şekilde geliştiğini iddia ediyordu. Yani bir zamanlar bütün galaksiler bebektir sonra hepsi birlikte büyüdüler ve yine hepsi şu anda olgun bir haldeler. Bu yüzden günümüzde bir bebek galaksi görmenin tek yolu evrenin en uç noktalarına kadar uzanabilen bir teleskopla bakmak olabilir. Bunun sebebi de çok uzaktaki bir galaksinin yaydığı ışığın bize gelmesi çok uzun bir süre alacağı için bu galaksinin çok uzun yıllar önceki halini, yani bebekliğini görebilecek olmamızdır.

Yani Sabit Evren modeli, bebek galaksilerin evrenin her yerinde olduğunu iddia ederken Big Bang modeline

göre onları sadece evrenin en ücra noktalarında görebiliriz. Maalesef ki Sabit Evren modeliyle Big Bang modeli arasındaki tartışma 1940'ların sonunda başladığında teleskoplar, bebek galaksilerle olgun galaksileri ayırt edebilecek kadar gelişmiş değildi. Bebek galaksilerin dağılımı bilinmediği için Sabit Evren modeliyle Big Bang arasındaki tartışma sonlanamadı.

Big Bang ve Sabit Evren modellerinden hangisinin doğru olduğunu ispatlayacak somut veriler ve hassas gözlemler olmadığı için iki rakip grup bilimsel argümanlarını savunurken dillerini sivrilttiler. Örneğin George Gamow, Sabit Evren modelinin savunucularının çoğunun İngiltere'de olduğunu söyleyerek: "Sabit Evren modelinin İngiltere'de bu kadar popüler olmasına şaşmamak gerek. Hem bu teori İngiltere'nin kendi evlatları tarafından geliştirildi hem de İngiltere zaten daima Avrupa'daki statükoyu korumak istemiştir."

Hoyle ve Gold, (hatta bir nebze Bondi bile) tam birer asiydiler, bu yüzden Gamow'un Sabit Evren modelinin ti-



Şekil 87: Thomas Gold, Herman Bondi ve Fred Hoyle. Sabit Evren modelinin yaratıcıları.

pik İngiliz muhafazakârlığından çıktığını söylemesi haksız bir şaka olmuştu. Hatta Hoyle, var olan anlayışları sorgulamakta neredeyse saplantılıydı. Bazen haklı olduğu oluyordu ama genellikle boyundan büyük işlere kalkışıyordu. En ünlü olarak Hoyle'un archaopteryx fosilinin düzmece olduğunu iddia etmesi ve Darwin'in doğal seçimle gelen evrim modeline şüpheyle bakması gelir. *Nature* dergisinde çıkan yazısında: "Cansız bir maddeden canlı bir maddenin oluşması olasılığı 1 bölü 40,000 sıfırlı bir rakamdır... Darwin'i ve tüm Evrim teorisini gömebilecek kadar büyük bir rakamdır bu." diyordu.

Hoyle, ardından karmaşık evrimin gerçekleşmesinin imkânsızlığını göstermek için dramatik bir benzetme verdi: "Bir çöplüğün üzerinde bir kasırga koptuğunu ve hortum oluştuğunu düşünün ve bu hortum, çöplüğün içinden geçip giderken arkasında çöp parçalarından şansa oluşturduğu yepyeni bir Boeing 747 jumbo jet olsun."

Bu tür yorumlar Hoyle'un itibarını ve onunla birlikte Sabit Evren modelini zedeledi. Ayrıca üç Sabit Evrençi, gözlemsel astronomiyle hiçbir bağları olmadıkları için de eleştirildi. Kanadalı astronom Ralph Williamson Hoyle'un, modern astronomiyi mümkün kılan dev teleskoplarla hiçbir deneyimi olmadığını söyledi. Açıkçası Williamson, sadece aktif olarak evreni araştıran insanların evren hakkında teoriler geliştirmesi gerektiğini söylüyordu.

Williamson'ın bu üstü kapalı eleştirisine karşı Bondi cevap vermekte gecikmedi: "Bu yorum, sadece muslukçuların ve sütçülerin hidrodinamikle ilgilenmeye müsait olduğunu söylemekle eş değerdir."

Williamson ayrıca Hoyle'u çok spekülatif olduğu için ve teorisini astronomi gözlemlerine yani somut gerçeklere dayandırmadığı için de suçluyordu. Yine Hoyle'u savunan Bondi'ydi: "Fakat astronominin somut gerçekleri nelerdir? Genellikle bir fotoğraf plakasındaki izden başka bir şey değildir!" Tartışmanın iki tarafı da birbirleriyle eften püften kavgalar edecek kadar alçalmıştı.

Saçma siyasetler ve kişisel saldırılardan bıkan Hoyle, evren hakkındaki düşüncelerini meslektaş akademisyenlere açıklamaktansa halka anlatmayı tercih etti. Bir çok makale ve canlı ve akıcı bir dille yazılmış popüler kitaplar yazdı. Bir keresinde; “Uzay hiç de uzak değil. Arabanız direk yukarı gidebilseydi, bir saatte uzaya varırdınız”, diyordu. Gerçekten de kalemi o kadar kuvvetliydi ki ilerde BBC tv dizileri için *A Andromeda için* adında bir TV dizisi, *Büyük Ayı’daki Roketler* adında bir çocuk oyunu ve *Kara Bulut* adında bir bilimkurgu romanı yazacaktı.

İlk yazdığı önemli popüler bilim kitabı, *Evrenin Doğası*’nda Hoyle, Sabit Evren modelinin detaylı bir savunmasını bulunduruyordu: “Bu size garip bir fikirmiş gibi gelebilir, ben de size katılıyorum, ama bilimde bir fikir işe yaradığı müddetçe ne kadar garip olduğu önemsizdir. Yani bir fikri tam olarak yazabildiğiniz ve fikrin sonuçları yapılan gözlemlerle uyumlu olduğu sürece”

Hoyle’un en büyük rakibi George Gamow’un da kendi teorilerini, popüler kitaplarla anlatması ilginçtir. Her iki adam da halkın bilimi anlamasında büyük bir rol sahibidir ve bu yüzden her ikisi de bilimi popülerleştirme ödülü olan prestijli UNESCO Kalinga Ödülü’nü almıştır. Gamow 1956’da, Hoyle 1967’de bu ödülü aldı.

Halkın desteği için olan savaş, Gamow’un kitabı *Bay Tompkins Harikalar Diyarında*’da garip bir opera sahnesinde güzel bir şekilde gösterilmiştir. Gamow, Hoyle’u da bu operaya dahil etmiş ve ona Sabit Evren modeliyle dalga geçen bir şarkı söyletmiştir. Taşı daha da gedğine koymak için, Hoyle, “parlayan galaksilerin arasındaki hiçlikten birdenbire ortaya çıkmış” ve böylece hikâyenin içine girmiştir. Bu popülist savaşta en önemli olay 1950’de BBC’nin radyo dalgalarında gerçekleşti. BBC potansiyel katılımcıları hakkında dosyalar tutuyordu ve Hoyle’un dosyasının üzerinde “bu adamı kullanmayın”, yazıyordu çünkü Hoyle, sürekli bela çıkarıyordu ve kurumu zedeliyordu. Yine de, yapımcı ve Cambridge’de akademisyen olan Peter Laslett, uyarı etiketini boşverdi ve Üçüncü

Program radyosunda beş ayrı konuşma yapması için Hoyle'u davet etti. Hoyle'un konuşmaları Cumartesi akşamları sekizde yayınlanıyordu ve konuşulanların dökümü *Listener* dergisinde yayınlanıyordu. Tüm proje başarılı olmuştu ve Hoyle bir anda ünlenmişti.

Bu radyo programı, son konuşmadaki tarihi bir an yüzünden günümüzde hâlâ hatırlanmaktadır. Her ne kadar "Big Bang" terimi kitabın daha önceki bölümlerinde sıklıkla ortaya çıkmış olsa da bu terim ilk kez Hoyle tarafından bu son radyo programında kullanıldı. Hoyle bu sloganvari terimi bulana kadar bu teoriye *dinamik gelişen evren modeli* deniyordu.

"Big Bang" terimi, Hoyle iki farklı ve rakip evren modeli olduğunu anlatırken ortaya çıktı. Bu iki rakip teori-den birincisi kendi Sabit Evren modeliydi, diğeri de bir yaratılış anı içeren modeldi:

"Bu teorilerden diğeri de evrenin sınırlı bir zaman önce tek bir büyük patlama sonrasında ortaya çıktığını iddia eder. Bu varsayıma göre, günümüzdeki genişleme bu şiddetli patlamanın bir kalıntısıdır. Bu Big Bang fikri bana tatmin edici gelmedi... Bilimsel açıdan bu Big Bang varsayımı iki teoriden daha zayıf olanıdır çünkü bilimsel olarak açıklanamayan irrasyonel bir süreçtir... Felsefi olarak da açıklanamayacağından Big Bang fikrini yeğlemek için hiçbir neden göremiyorum."

Hoyle "Big Bang" terimini kullanırken sevimsiz bir ses tonuyla, Big Bang modeliyle dalga geçmeye çalışıyordu. Yine de Big Bang modelinin savunucuları ve karşıtları zamanla bu ismi kabullendiler. Big Bang modelinin en büyük karşıtı, bu teorinin isim babası olmuştu.

5. PARADİGMA DEĞİŞİMİ

Telli telegraf aslında çok çok uzun bir kedir. New York'dan kuyruğunu çekersiniz ve kedi Los Angeles'tan miyavlar. Anlıyorsunuz değil mi? Radyo da aynı şekilde çalışır: sinyalleri buradan gönderirsiniz, oradan alırlar. Tek fark arada bir kedinin olmaması.

Albert Einstein

Bilim dünyasında duyabileceğiniz yeni bir şeyin bulunduğunu haber veren, en heyecan verici ünlem, "Evreka!" (buldum) değil, "Hmm... Bu çok ilginç..."tir.

Isaac Asimov

Genellikle yeni bir teoriyi şöyle buluruz. İlk önce bir tahmin yürütürüz. Gülmeyin, en önemli adım budur. Ardından sonuçlarını hesaplarız. Sonuçları gözlemlerle kıyaslarız. Eğer gözlemlerle uyumlu değilse, yanlıştır. İşte bu basit cümle, bilimin anahtarıdır. İlk tahmininizin ne kadar güzel olduğu veya ne kadar akıllı olduğunuz veya kim olduğunuzun hiçbir önemi yoktur. Eğer gözlemlerle uyumlu değilse yanlıştır. Bu kadar.

Richard Feynman

Evrenin hakimiyeti için çarpışan artık sadece iki teori vardı. Birinci köşede, Einstein'ın genel izafiyet teorisinden Lemaitre ve Friedmann sayesinde ortaya çıkan Big Bang modeli bulunuyordu. Big Bang'e göre bir yaratılış anının ardından evren hızla genişlemeye başlamıştı, ve Hubble da bununla uyumlu olarak evrenin genişlediğini ve galaksilerin uzaklaştığını gözlemlemişti. Ayrıca Gamow ve Alpher de Big Bang'in helyum ve hidrojen bolluğunu açıklayabildiğini göstermişti. Diğer köşede, Hoyle, Gold ve Bondi tarafından icat edilen Sabit Evren modeli bulunuyordu. Sabit Evren modelinin kökleri evrenin sonsuz olduğunu söyleyen muhafazakâr evren görünüşüne dayanmaktaydı ancak sürekli devam eden bir üretim ve genişleme durumunu da içeriyordu. Bu üretim ve genişleme durumu, modelin Hubble'ın gözlemlediği uzaklaşan galaksilerden gelen, kırmızıya kayan ışık dalgaları dâhil tüm astronomi gözlemleriyle uyumlu olmasına neden oluyordu.

Rakip teoriler üzerine bilimsel tartışmalar genellikle üniversitelerin kantinlerinde veya büyük dehâlârin toplandığı elit konferanslarda gerçekleşir. Ancak soru, nihai kozmolojik soru olan evrenin yaratıldığı mı yoksa sonsuz mu olduğu olunca, tartışma halkın arasına da yayıldı. Hoyle, Gamow ve diğer kozmologların yazdıkları popüler kitaplar ve radyo programları da bu tartışmanın yayılmasını destekledi.

Doğal olarak Katolik Kilisesi de kozmoloji tartışmasındaki tutumunu belirtmek istedi. Daha önce evrim biyo-

lojisinin, Kilisenin öğretilerine karşı gelmediğini söyleyen Papa XII. Pius, 22 Kasım 1951’de Papalık bilim Akademisi’nde, “Modern Doğal Bilimlerin Işığında Tanrı’nın Varlığının Kanıtları” adında bir açıklama yaptı. Bu konuşması sırasında Papa özellikle Big Bang evren modelini destekledi çünkü bu modeli Yaratılış suresinin modern bir yorumu ve Tanrı’nın varlığının kanıtı olarak görüyordu:

“Böylece her şey maddi evrenin büyük bir başlangıcı olduğunu, büyük bir enerjiyle dolu olduğunu ve ilk başta hızlıca, sonradan da yavaşlayarak bugünkü halini aldığını göstermektedir. Hatta günümüz bilimi milyonlarca yüz yıl geriye gidip başlangıçtaki *Fiat Lux’a*¹ dönmüştür. Kimyasal elementlerin partikülleri galaksileri oluştururken maddeyle birlikte hiçliğin içinden bir ışık seli ortaya çıkmıştır... Bu yüzden bir Yaratıcı vardır. Bu yüzden Tanrı vardır! Her ne kadar açık ve tamamlanmış olmasa da bilimden bizim ve insan neslinin beklediği yanıt buydu.”

Hubble ve gözlemlerini de içeren Papa’nın konuşması, dünyanın dört bir yanında gazetelerin manşetine çıktı. Hubble’ın yakın arkadaşlarından Emler Davis, Papa’nın konuşmasını okudu ve Hubble’a bir mektup yazıp onunla dalga geçmekten kendini alamadı: “Senin sürekli yeni ve daha güzel övgüler almana alışkınım, ama bugünkü gazeteği okuyana kadar Papa’nın, Tanrı’nın varlığını savunmak için seni referans alacağını hayal edemezdim. Sırf bu yüzden zamanı geldiğinde seni bir aziz yapacaklarından eminim.”

Şaşırtıcı bir şekilde, ateist George Gamow, Papa’nın onun araştırma alanına ilgi göstermesinden memnun olmuştu. Konuşmasından sonra, Gamow, Papa XII. Pius’a kozmoloji üzerine yayınlanan popüler makalelerden birini ve kitabı *Evrenin Yaratılışı*’nın bir kopyasını gönderdi. Hatta din ile bilimi karıştırmak istemeyen meslektaşlarının çok sinirleneceğini bildiği halde 1952’de, *Physical Re-*

1. Işık olsun

view dergisinde yayınlanan bir yazısında haylaz bir şekilde Papa'nın konuşmasına referans verdi.

Bilim adamlarının çoğuna göre Big Bang modelinin doğruluğunun Papa'yla hiçbir ilgisi yoktu ve Papa'nın bu modeli desteklemesi hiçbir aklı başında tartışmada kullanılamazdı. Hatta kısa süre içinde Papa'nın Big Bang'i desteklemesi geri tepti ve teorinin savunucularını utandırdı. Sabit Evren modelini savunanlar, Papa'nın desteğini Big Bang savunucularıyla alay etmek için kullandılar. Örneğin İngiliz fizikçi William Bonner, Big Bang teorisinin Hıristiyanlığı haklı çıkarmak için geliştirilmiş bir komplo olduğunu belirtti: "Teorinin arkasında yatan art niyet elbette ki yaratıcı bir Tanrı olduğunu göstermektir. Bilim XVII. yüzyıldan beri insanın aklından din dogmasını çıkarmaya başladığından beri Hıristiyan teolojisinin beklediği fırsat buydu."

Fred Hoyle da Big Bang'in dinle olan ilişkisini aynı derecede öfkeyle eleştiriyordu ve Big Bang'i Hıristiyanlığın temelleri üzerine kurulmuş olmakla itham ediyordu. Sabit Evren modelini birlikte geliştirdiği Thomas Gold da onun görüşlerine katılıyordu. Gold, Papa XII. Pius'un Big Bang teorisini desteklediğini duyunca verdiği yanıt kısa ve özdü: "Papa Dünya'nın sabit olduğunu da söylemişti."

VIII. Urban'ın , Galileo'yu sözlerini geri alması için zorladığı 1633 yılından beri bilim adamları, Vatikan'ın bilimi etkileme çabalarına karşı dikkatli davranıyordu. Ancak bu dikkat kimi zaman paranoyakçaydı; Nobel ödüllü George Thomson'ın dediği gibi: "Eğer İncil binlerce yıl önce yaratılıştan bahsedip bu fikri eskitmemiş olsaydı muhtemelen tüm fizikçiler yaratılışa inanırdı."

Teolojinin kozmolojideki rolü üzerine yapılan tartışmada en önemli ses heralde Big Bang modelinin yaratıcılarından biri olan ve Papalık Bilim Akademisi'nin üyelerinden Monsenyör Georges Lemaitre'ninkiydi. Lemaitre, bilimsel çalışmaların din dünyasından ayrılması gerektiğini düşünüyordu. Özellikle Big Bang teorisi hakkında,

“Benim görebildiğim kadarıyla, bu teori metafizik ve dini soruların alanından gayet uzak durmaktadır”, demiştir. Lemaitre, her zaman kozmoloji ve teolojideki farklı kariyerlerini birbirlerinden ayrı tutmuş ve birinin maddi dünyayı daha iyi anlamasını sağlarken diğ erinin de ruhani dünyayı anlamasını sağladığını belirtmiştir: “Hakikatı arayışda spektrumun yanında ruhlara da bakmalısınız.” Doğal olarak Papa’nın teoloji ve kozmolojiyi karıştırmasına içerlemişti. Papa’nın konuşmasından dö nen Lemaitre’yle karşılaşan bir öğrencisi, hocasının hışım la içeriye daldığını ve her zamanki neşeli havasından eser olmadığını söylüyordu.

Lemaitre, Papa’yı kozmoloji üzerine başka açıklamalar yapmaktan vazgeçirmek istiyordu. Bunun bir sebebi Big Bang savunucularının aldığı darbeleri önlemek, bir diğ er sebebi de Kilisenin gelecekte karşılaşabileceğ i potansiyel tehlikenin önüne geçmektir. Big Bang modeline kendini iyice kaptırmış olan Papa, bu modeli resmi olarak Kilise kayıtlarına geçirirse ve Katolik düşüncesini savunmak için bu modeli kullanırsa yeni bilimsel gelişmeler, İncil’de anlatılanlara ters düşebileceğ i için bu strateji kötü sonuçlanabilirdi. Lemaitre, Vatikan Rasathanesi’nin direktörü ve Papa’nın bilim danışmanı Daniel O’Connell’la görüştü ve birlikte Papa’yı kozmoloji konusunda sessiz kalmaya ikna etmeye karar verdiler. Papa, şaşırtıcı bir şekilde hiç itiraz etmedi ve danışmanlarının sözüne uydu; Big Bang artık Papa’nın konuşmalarının bir parçası olmayacaktı.

Batı’daki kozmologlar kendilerini dinin etkisinden arındırmakta biraz olsun başarılı olabilse de Doğu’da yaşayanlar hâlâ, bilim adamı olmayanların bilimi etkilemeye çalışmalarından muzdaripti. Sovyetler Birliğ i’nde etkilme çabaları dinsel değ il politiktir ve Big Bang’e karşı bir çalışma yürütülüyordu. Sovyet ideologlar Big Bang’e karşı çıkıyorlardı çünkü Big Bang, Marksist Leninist düşüncenin ilkelerine uymuyordu. Özellikle bir yaratılış anı olan bir modeli kabul edemezlerdi çünkü bir yaratılış anı-

nın olması aynı zamanda bir Yaratıcı'nın olmasını gerektiriyordu. Ayrıca her ne kadar St. Petersburg'da Alexander Friedmann, teorelinin temellerini inşa etmiş olsa da bu teoriyi bir Batı teorisi olarak görüyorlardı.

1930'ların ve 40'ların Stalinist kısımlarını koordine eden Andrei Zhdanov, Sovyet Devleti'nin Big Bang üzerine görüşünü özetliyordu: "Bilimin sahtekârları, dünyanın hiç bir şeyden yaratıldığı masalını tekrar diriltmek istiyorlar." Zhdanov'un kurbanlarından biri de astrofizikçi Nikolai Kozyrev'di. Kozyrev 1937'de bir çalışma kampına gönderilmiş ve Big Bang modeline inanmaya devam ettiği için idama mahkûm edilmişti. Görevliler fizikçiye idam edecek bir bölüm bulamayınca cezası on yıl hapse çevrilmişti. Nihayetinde meslektaşlarının baskısıyla Kozyrev affedildi ve Pulkovo Rasathanesi'ndeki çalışmalarına geri döndü.

Big Bang modelini savunan Vsevolod Frederiks ve Matvei Bronstein en ağır cezaya çarptırıldılar. Frederiks birçok kampta hapsedildikten sonra altı yıl boyunca ağır çalışma koşulları yüzünden öldü. Bronstein ise bir casus olduğu iftirasıyla tutuklandıktan sonra kurşuna dizildi. Bilim adamlarının karşısına bu tür örnekler veren Sovyetler, ciddi kozmoloji tartışmalarını susturmuş oldu ve Komünizm rejimi boyunca hissedilen bir mesaj vermiş oldu. Rus astronom V. E. Lov partinin tarafını tutarak Big Bang modelinin "modern astronomi teorisini çürüten kanserli bir tümör ve materyalist bilimin en büyük ideolojik düşmanı" olduğunu ilan etti. Lov'un meslektaşlarından Boris Vorontsov-Vel'iaminov, Gamow Amerika'ya kaçtığı için onu "Amerikalı sapkın" ilan etti ve sadece sansasyon yaratmak için yeni teoriler ortaya koyduğunu söyledi.

Sovyetler Birliği Big Bang'i burjuva bilimi olarak görüyorsa da bu Sabit Evren modelini kabul ettikleri anlamına gelmiyordu, çünkü her ne kadar daha ufak bir seviyede ve devamlı olarak olsa bile olsa yaratılışı içeriyordu. 1958'de Fred Hoyle Uluslararası Astronomi Birliği'nin

Moskova'daki bir toplantısına katıldı ve Sovyet bilimine yön veren politik akımı şu şekilde anlatıyordu: "Sovyetler Birliği'ne ilk ziyaretimde Sovyet bilim adamlarının 'yaratılış' yerine 'orijin' veya 'madde oluşumu' kelimelerini kullanma fikrimin daha kabul edilebilir olabileceğini söylediklerinde ne kadar şaşırdığımı tahmin edemezsiniz. Yaratılış kelimesi Sovyetler Birliği'nde kesinlikle moda değildi."

Politikacıların ve teologların kozmolojiyi kullanarak inançlarını desteklemeye çalışmaları Hoyle'a göre son derece saçmaydı. 1956'da "Katolikler ve Komünistler kafalarındaki dogmalarla tartışıyorlar. Bir argümanı gerçeklerle uyumlu olduğu için değil, kafalarındaki 'doğru'yla uyumlu olduğu için kabul ediyorlar. Öyle ki gerçekler dogmalarla uyumlu değilse gerçeklere yazık oluyordu." diye yazıyordu.

Papa'nın görüşleri ve Kremlin'in tavrı bir yana kozmologlar, Big Bang teorisi ve Sabit Evren tartışmasını nasıl yürüttüler? 1950'ler boyunca bilim dünyası ikiye ayrılmıştı. 1959'da *Science News-Letter*² dergisi bir anket düzenledi ve otuz üç önemli astronoma ne düşündüklerini sordu. Sonuçlara göre on bir astronom Big Bang modelini desteklerken sekiz astronom Sabit Evren modelinin tarafındaydı, kalan on dört astronom ya kararsızdı ya da her iki teorinin de yanlış olduğunu düşünüyordu. Her iki model de evrenin gerçekliğini temsil etmek için ciddi adaylardı ama her ikisi de bilim adamları arasında çoğunluğun desteğini bulamamıştı.

Ortak bir görüşün olmamasının sebebi iki modeli de destekleyen veya çürüten kanıtların çelişkili ve yetersiz olmasıydı. Astronomlar teknolojinin ve insan algısının limitlerinde gözlemler yapıyorlardı, bu yüzden bu gözlemlerden elde edilen "gerçekler" son derece ihtiyatlı bir şekilde değerlendirilmeliydi. Örneğin bir galaksinin uzak-

2. "Bilim Gazetesi" anlamına gelmektedir.

laşma hızı “gerçek” olarak alınabilirdi ancak bu gerçekleri ortaya koyan uzun mantık zinciri ve gözlemler yüzünden eleştiriye açıktı. Öncelikle galaksinin uzaklaşma hızını ölçmek için galaksilerden gelen sönük ışıkların algılanması ve yolculukları boyunca uzayda veya Dünya’nın atmosferinde nasıl değiştikleri veya değişmedikleri üzerine tahminler yapılması gerekiyordu. İkincil olarak ışığın dalga boyu ölçülmeliydi ve ışığı yayan atomların tanımlanması gerekiyordu. Üçüncü olarak spektrumdaki kaymanın tanımlanması gerekliydi ve Doppler etkisi kullanılarak düşüş hızı ile ilişkilendirilmeliydi. Son olarak da astronomlar, kullanılan ekipmanlardan kaynaklanabilecek hataları da hesaba katmak zorundaydı. Bu işlemin birçok parçası vardı ve astronomlar her bir adımda hiçbir hata yapmadıklarından emin olmak zorundaydılar. Aslında galaksilerin hızlarının ölçümü kozmolojide kesinliğe en yakın gerçeklerdendi çünkü diğer alanlarda yürütülen mantık zincirleri ve gözlem süreçleri çok daha uzun ve çetrefilliydi.

Big Bang veya Sabit Evren modelini destekleyecek kesin nihai kanıtların yokluğunda bilim adamları içgüdülerine güvenmek veya teorileri savunanların kişiliklerini değerlendirmek zorunda kalmışlardı. Yirminci yüzyılın en önemli kozmologlarından biri olacak olan; Stephen Hawking, Roger Penrose ve Martin Rees gibi bilim adamlarını yetiştirecek olan Dennis Sciama için durum tam bu şekildedeydi. Sciama Hoyle, Bondi ve Gold’dan çok etkilenmişti ve “benim gibi bir genç için çok önemli ve etkileyiciydiler” diyordu.

Sciama aynı zamanda onların teorisinin belirli felsefi özelliklerinden de etkilenmişti: “Sabit Evren teorisi, fizik kanunlarının gerçekten de evrenin içeriğini belirleyebileceği olasılığını öne sürüyordu çünkü bu teoriye göre evrenin tüm bileşenleri kendilerini yenilemek zorundaydı... Kendini yenileme mecburiyeti sayesinde ilk kez, maddelerin neden böyle olduğu sorusunu ‘çünkü her zaman böyleydiler’, demeden cevaplayabilecektik.”

Ayrıca sonradan Sabit Evren modelini tercih etmesinin bir diğer nedeni daha olduğunu açıklayacaktı: “Haya-
tın başka bir yerde mutlaka devam edeceğini söyleyen tek
teori buydu... Galaksimiz yaşlanıp ölse bile, bir yerlerde
mutlaka genç bir galaksi olacak ve buralarda muhtemelen
hayat yeniden başlayıp devam edecekti. Böylelikle de ha-
yat meşalesi sürekli yanacaktı. Galiba benim için en
önemli şey buydu.”

Sciama’nın subjektif nedenlerden dolayı Sabit Evren
modelini benimsemesi kozmolojideki karışıklığın sıklıkla
görülen bir semptomuydu. XX. yüzyılın başlarında kozmo-
loji rahat bir konuydu çünkü sonsuz, değişmeyen ve ebedi
bir evren anlayışı herkes tarafından benimsenmişti. Fa-
kat 1920’lerde ortaya çıkan yeni teoriler ve ölçümler bu
anlayışın yeterli olmadığını göstermişti. Maalesef ortaya
çıkan iki alternatifi hiçbiri de tamamen ikna edici değil-
di. Sabit Evren modeli, eski ebedi evren anlayışının biraz
geliştirilmiş bir versiyonuydu ama bu modeli kanıtlaya-
cak veya çürütecek gözlemsel bir kanıt daha ortaya çık-
mamıştı. Big Bang modeli çok daha radikal bir evren tab-
losu sunuyordu ve bazı kanıtlar onu doğrularken bazıları
ona karşıydı. Kozmoloji bir belirsizlik yaşıyordu. Daha
teknik bir dille söylemek gerekirse kozmoloji bir *paradig-
ma değişiminin* ortasındaydı.

Geleneksel bilim tarihi anlayışına göre bilimsel anla-
yış zamanla gelişen, eski teorilerin zamanla daha iyileşti-
rildiği ve yenilerinin eski teoriler üzerinden ortaya çıktığı
bir süreçtir. Darwin’in evrim ve doğal seçim teorisiyle
uyumlu bir şekilde bilim böyle geliyordu. Teoriler değiş-
iyordu, sonra da en iyi teori galip geliyordu.

Ancak bilim filozofu Thomas S. Kuhn’a göre bu, olay-
ların sadece bir boyutuydu. Kuhn, 1962’de *Bilimsel Dev-
rimlerin Yapısı* adında bir kitap yazdı ve bu kitapta, bilim-
sel gelişmenin “sakin aralıklarla devam ederken entelek-
tüel şiddetli devrimlerle bozulduğunu” söyledi. Sakin ara-
lıklarda teoriler daha önce söylendiği gibi gelişip rafine

oluyordu ama bazen bilimsel düşünce paradigma değişimi dediğimiz şiddetli kırılmalara maruz kalıyordu.

Örneğin astronomlar yüzyıllar boyunca Dünya merkezli bir evren modeliyle uğraşmışlardı. Modelin Güneş'in, gezegenlerin ve yıldızların hareketlerine uyması için dış çemberler ve taşıyıcılar eklemişlerdi. Zamanla gezegenlerin yörüngelerini tahmin etmekte sorunlar yaşanmaya başlandı. Birçok astronom eski modele olan bağlılıkları yüzünden bu sorunları görmezden geldi. Bu problemler birikip katlanılamayacak bir seviyeye eriştiğinde ise Kopernik, Kepler ve Galileo gibi isyankârlar yeni güneş merkezli paradigmayı önerdiler. Birkaç nesil içinde tüm astronomlar eski paradigmayı terk ettiler ve yenisini benimsediler. Ardından yeni bir bilimsel çağ başladı ve yapılan araştırmaların temelleri bu yeni paradigmaya oturtuldu. Dünya merkezli evren modeli Güneş merkezli evren modeline dönüşmedi, yerini ona bıraktı.

Atom pudingi modelinden Rutherford'un nükleer atom modeline geçiş veya esir maddesi dolu evren anlayışından esirin olmadığını kanıtlanması da benzer paradigma değişimleridir. Her iki durumda da yeni paradigma tamamen oluştuğunda ve eskisinin yanlış olduğu kesinlik kazanınca değişim gerçekleşebilir. Değişimin hızı birçok faktöre bağlıdır. En önemli faktörler, yeni paradigmayı destekleyen kanıtların ağırlığı ve eski paradigmanın gösterdiği dirençtir. Genellikle yaşlı bilim adamları zamanlarının çoğunu eski paradigma üzerinde çalışarak geçirdikleri için değişimi kolay kabul etmezler ama genç bilim adamları daha açık görüşlü ve maceraperesttirler. Bu yüzden paradigma değişimi çoğu zaman yaşlı bilim adamları emekliye ayrılıp yerlerini gençlere bırakınca gerçekleşir. Bazen eski paradigma yüzyıllarca direnir, bu yüzden on, yirmi senelik bir değişim dönemi göreceli olarak kısadır.

Kozmolojinin durumu alışılmışın biraz dışındaydı çünkü eski statik, ebedi evren anlayışı galaksilerin hare-

Tablo 4: Bu tabloda Big Bang ve Sabit Evren modellerinin kıyaslandığı birçok kriter bulunmaktadır. İki modelin 1950’de mevcut olan bilgilere karşı durumlarının nasıl olduğunu göster-

Kriterler	Big Bang Modeli	Başarı
1. Kırmızıya kayma ve genişleyen evren	Yoğun bir halden genişleyen bir evrende bu durum beklenmektedir.	✓
2. Atomların bolluğu	Gamow ve meslektaşları helyum ve hidrojen bolluğunu açıklasa da diğer atomları açıklayamamıştır.?	?
3. Galaksilerin oluşumu	Big Bang genişlemesi, oluşmak üzere olan bebek galaksileri ayırmış olabilir, ancak yine de kimse açıklayamasa da galaksiler oluşmuştur.	x
4. Galaksilerin dağılımı	Genç galaksiler sadece evrenin ilk zamanlarında olduğu için çok uzaklarda görülebilmelidir.?	?
5. Kozmik mikrodalga fon (CMB) radyasyonu	Big Bang zamanından kalma bu fon radyasyonu yeterince hassas ekipmanlarla algılanabilmelidir.?	?
6. Evrenin yaşı	Evren görünüşe göre içerdiği yıldızlardan daha gençtir.	x
7. Yaratılış	Evrenin yaratılmasını neyin sağladığı bilinmemektedir.?	?

mektedir. Her bir kritere göre modellerin ne kadar başarılı olduğunu tikler ve çarpılar göstermektedir. Yeterli veri veya tatmin edici bir cevap olmayınca soru işareti konulmuştur.

Kriterler	Sabit Evren Modeli	Başarı
1. Kırmızıya kayma ve genişleyen evren	Sürekli genişleyen ve arasındaki boşluklarda yeni madde üreten bir evrende bu durum olağandır.	✓
2. Atomların bolluğu	Madde, galaksiler arası boşlukta üretilmektedir, bu yüzden bu madde bir şekilde bildiğimiz elementleri oluşturmalıdır.?	?
3. Galaksilerin oluşumu	Çok daha uzun bir süre ve ilk başta oluşan bir genişleme olmadığı için galaksiler sürekli oluşup yenilenebilir.	✓
4. Galaksilerin dağılımı	Genç galaksilere evrenin her yerinde rastlanılabilmelidir.	?
5. Kozmik mikrodalga fon (CMB) radyasyonu	Big Bang olmadığı için böyle bir fon radyasyonu da yoktur.?	?
6. Evrenin yaşı	Evren ebedi olduğu için yıldızların yaşı problem değildir.	✓
7. Yaratılış	Evrende maddenin sürekli olarak üretiliyor olmasının bir açıklaması yoktur.?	?

ket ettikleri kanıtlandığı için yıkılmıştı ama eski evren anlayışının yerine geçmeye aday iki teori vardı: Sabit Evren modeli ve Big Bang. Kozmologlar bu belirsizlik döneminin, iki teoriden birinin doğru olduğunu kuşku götürmez bir şekilde gösterecek bir kanıtın ortaya çıkmasıyla bitmesini umuyordu.

Big Bang evreninde mi yoksa Sabit Evren modelinde mi yaşadığımızı çözmek için astronomlar bazı kriterlere bakmak zorundaydılar. Bu kriterler özet olarak Tablo 4'te gösterilmektedir, ve her iki modelin güçlü ve zayıf noktaları 1950'de var olan bilgilere göre sıralanmıştır.

Bu tablo iki modeli ölçmek için var olan tüm potansiyel kriterleri içermese de farklı elementlerin evrendeki bollukları gibi ana kriterleri içermektedir. Big Bang'i bu ikinci kriterle ölçtüğümüz zaman, hidrojen ve helyum bolluğunu doğru bir şekilde tahmin ettiğini görürüz ama daha ağır elementlerin bolluklarını açıklayamaz. Başarısı tam olmadığı için Big Bang'e bu kriterde bir soru işareti koyuyoruz. Sabit Evren modeli de bu kriterde bir soru işareti alıyor, çünkü galaksiler arasında oluşan maddenin, günümüzdeki oranlarda nasıl oluştuğunu bu model de açıklayamıyor.

Modeller, yalnızca çeşitli elementlerin oluşumunu ve evrendeki oranlarını değil, aynı zamanda bu atomların nasıl bir araya gelerek yıldızları ve galaksileri oluşturduğunu da açıklamak zorundaydılar. Daha önceki bölümlerde değinmediğimiz bu kriter, Big Bang modeli için büyük bir problemdi. Yaratılış anından sonra evren çok hızlı bir şekilde genişlemeliydi, bu da oluşmaya çalışan birçok bebek galaksiyi engellerdi. Ayrıca Big Bang evreninin sonlu bir geçmişi vardır, galaksilerin oluşması için bir milyar yıldan biraz daha fazla bir zaman vardı ve bu da yeterli değildi. Big Bang modelinde galaksilerin nasıl oluştuğunu kimse açıklayamıyordu. Sabit Evren teorisi bu kriterde daha başarılıydı, çünkü ebedi bir evrende galaksilerin gelişmesi için yeterince zaman vardı.

İki rakip modelin güçlü ve zayıf noktalarını gösteren iki sütun da tikler, çarpılar ve soru işaretleriyle doludur ve her iki teori de tamamen tatmin edici değildir. Bu yüzden, kozmologların iki teori arasında uzlaşmaya varmalarını ve iki teorisinin de gözlemlerle uyumlu noktalarını kabul etmeleri gerektiğini düşünebiliriz. Ancak kozmoloji rakip görüşlerin berabere kalabilecekleri bir spor değildir. Big Bang ve Sabit Evren modelleri birbirlerine zıt ve uyumsuz modellerdir. Bir model evrenin ebedi olduğunu iddia ederken, diğeri evrenin sonradan yaratıldığını iddia eder, ve her ikisi birden doğru olamaz. İki modelden doğru olanı, rakibini ezmek zorundadır.

Zaman Aralığı Problemi

Big Bang’i savunanlar için en önemli nokta, Tablo 4’deki altıncı kriterdi, evrenin yaşı. Çarpı işareti Big Bang modelindeki bir saçmalığı belirtmektedir: içindeki yıldızlardan daha genç bir evren olduğunu söylemektedir. Bu, kızından daha genç bir annenin var olduğunu söylemek kadar saçma bir görüş; elbette yıldızlar evrenden daha yaşlı olamazlar. 3. bölümde Hubble’ın galaksilerin uzaklığını ve görünüşteki hızlarını nasıl ölçtüğünü işlemiştik. Ardından Big Bang kozmologları uzaklığı hıza bölüp evrenin yaşının 1.8 milyar yıl olduğunu bulmuşlardı. Ama radyoaktif kayaların ölçümü Dünya’nın yaşının en azından 3 milyar yıl olduğunu gösteriyordu. Yıldızların da daha yaşlı olduklarını varsaymak mantıksız değildi.

Big Bang modelini savunan Einstein bile, bu problemin bir çözümü bulunmazsa teorisinin yıkılacağını söylemişti: “Evrenin yaşı elbetteki Dünya’nın kabuğunda bulunan radyoaktif minerallerin belirttiği yaşından daha fazla olmalıdır. Bu minerallerin belirttiği yaş, her anlamda güvenilir olduğu için, Big Bang modeli bu verilere karşı geliyorsa güvenilir değildir. Bu durumda mantıklı bir çözüm göremiyorum.”

Evrenin yaşı çelişkisi *zaman aralığı problemi* olarak adlandırıldı ama bu terim Big Bang modelinin yaşadığı büyük utancı yansıtmıyordu. Evrenin yaşı paradoksunun aşılması için tek çıkar yol galaksilerin uzaklıklarının veya hızlarının ölçümlerinde yapılmış bir hatanın bulunması olabilirdi. Örneğin, galaksilerin uzaklıkları Hubble'ın tahminlerinden daha büyükse galaksilerin bu uzaklıklara ulaşması daha fazla zaman alacaktı. Ya da galaksilerin uzaklaşma hızları daha yavaşsa bu uzaklıklara ulaşmaları yine daha fazla zaman alacaktı. Her iki durumda da evrenin yaşı daha fazla oluyordu. Ancak, Hubble dünyadaki en saygıdeğer gözlem astronomuydu ve titizliği ve doğruluğuyla ünlenmişti. Bu yüzden kimse onun gözlemlerinin yanlış olabileceğini düşünmüyordu. Dahası gözlemleri bağımsız olarak başkaları tarafından kontrol edilmişti.

Amerika, İkinci Dünya Savaşı'na girdiği zaman gözlemsel astronomi ve rasathanelerdeki araştırmalar neredeyse durma noktasına geldiler. Astronomlar ülkelerine hizmet etmek zorunda oldukları için Big Bang ve Sabit Evren tartışması ertelenmişti. Ellili yaşlarında olan Hubble bile Mount Wilson Rasathanesi'ni bırakıp Washington'ın dışındaki en büyük sivil askeri nokta olan Maryland, Aberdeen'e gitmişti.

Mount Wilson'da kalan en kıdemli üye, Alman göçmeni olan ve rasathaneye 1931'de giren Walter Baade'ydı. On senedir Amerika'da çalışıp yaşamasına rağmen hâlâ kendisine şüpheyle bakılıyordu ve askeri bir görev alması yasaklanmıştı. Ancak Baade için durum gayet güzel görünüyordu çünkü 2.5 metrelik Hooker teleskobu sadece ona kalmıştı. Dahası savaş zamanı elektrik kesintileri, Los Angeles'tan gelen ışık kirliliğini engellemiş ve gözlem kalitesini daha önce görülmemiş boyutlara çıkarmıştı. Tek sorun, Baade'nin düşman vatandaşı olduğu için gün batımından gün doğumuna evinde kalması zorunluluğuydu. Bu durum bir astronom olarak onun işini hiç de kolaylaştırmıyordu. Baade, resmi otoritelere Amerikan vatandaş-

lığı için zaten başvuru yapmış olduğunu bildirdi ve zamanla güvenlik riski taşımadığı konusunda onları ikna etti. Hâlâ askeri araştırma yapmasına izin verilmese de birkaç ay sonra, gece sokağa çıkma yasağı kaldırıldı ve en iyi gözlem şartları altında Dünya'nın en iyi teleskobunu tek başına kullanmaya başladı. Aynı zamanda gelişen fotoğrafçılık teknolojisini kullanarak daha önce eşi benzerine rastlanmamış netlikte fotoğraflar çekti.

Baade savaş yıllarını *RR Lyrae yıldızı* olarak bilinen ve Sefe yıldızlarına benzeyen özel bir değişken yıldız çeşidini inceleyerek geçirdi. Harvard Rasathanesi'nde, Henrietta Leavitt'le birlikte çalışan Williamina Fleming, Sefe yıldızları gibi RR Lyrae yıldızlarının da uzaklığı hesaplamak için kullanabileceğini göstermişti. Şimdiye kadar RR Lyrae yıldızları sadece Samanyolu içindeki uzaklıkları hesaplamak için kullanılmıştı çünkü bu yıldızlar Sefe yıldızlarından daha sönüktü. Fakat Baade, ideal gözlem koşullarını kullanarak Andromeda içindeki RR Lyrae yıldızlarını da saptamak istiyordu. Bu şekilde RR Lyrae yıldızlarını kullanarak Andromeda'nın uzaklığını hesaplamak ve daha önce Sefe değişkenleri kullanılarak yapılan ölçümleri teyit etmek istiyordu.

Ancak kısa zaman içinde Andromeda'daki RR Lyrae değişkenlerinin 2.5 metrelik Hooker teleskobuyla görülebileceğini anladı. Bu yüzden 2.5 metrelik teleskopla Samanyolu'ndaki RR Lyrae değişkenlerini izlemeye ve savaştan hemen sonra bitirilmesi planlanan 5 metrelik teleskobu beklemeye koyuldu. Yeni dev teleskobun Andromeda'daki RR Lyrae yıldızlarını görüş alanına getireceğinden emindi.

George Hale'in en büyük astronomi mühendisliği projesi, 5 metrelik dev teleskop, Mount Wilson'ın 200 kilometre güney doğusundaki Mount Palomar'da inşa ediliyordu. İnşaat başladıktan iki yıl sonra, 1938'de Hale öldü ve evrenin en berrak manzarasını göremedi. Teleskobun inşası nihayet bittiği zaman, onun anısını yaşatmak için teleskoba onun adı verildi.

3 Haziran 1948'de, Los Angeles sosyetesini Hale teleskobunun açılışına geldi. Konkav aynası bir milimetrenin elli milyonda biri hassaslığa getirilmiş dev enstrümanı ve onu içeren 1000 tonluk kubbeyi görünce şaşırıp kaldılar. *Mutiny on the Bounty*³ filminin başrol oyuncusu Charles Laughton'a teleskobun ilham verici olup olmadığı sorulduğunda: "İlham vericiymiş, gözüm benim! Resmen tüyler ürpertici. Bununla ne yapacaklar? Mars'a savaş mı açacaklar?" diyordu.

Hale Teleskobu tam olarak çalışmaya başladığı zaman, Mount Wilson ve Mount Palomar rasathanelerinin kadroları dolmuştu. Yine de, İkinci Dünya Savaşı sırasındaki araştırmaları yüzünden Baade Andromeda galaksisindeki RR Lyrae yıldızları konusunda herkesten öndeydi. Hemen 5 metrelik teleskobu Andromeda galaksisine çevirdi ve sönük ama hızlı değişen RR Lyrae yıldızlarını aramaya başladı.

Bir ay boyunca titizlikle yaptığı gözlemlerden sonra Walter Baade, görmeyi umduğu RR Lyrae yıldızlarından hiçbirini görememişti. Israrla gözlemlerine devam etti ama yine de güçlü Hale teleskobunun algılaması gereken RR Lyrae değişkenlerinden hiçbir iz yoktu. Şaşırıp kaldı. Andromeda galaksisindeki RR Lyrae yıldızlarını görmesinin üç şeye bağlı olduğunu biliyordu: yıldızların parlaklığı, Hale teleskobunun gücü, ve Andromeda'ya olan uzaklık; yaptığı hesaplamalara göre yıldızlar kesinlikle görünür olmalıydılar. RR Lyrae yıldızlarını görememesinin sebebinin ne olduğunu anlayamayınca görmesini etkileyen üç faktörü tekrar kontrol etti. Savaş zamanı yaptığı gözlemler yüzünden RR Lyrae değişkenlerinin parlaklıklarından emindi ve teleskobun gücünü de iyi hesapladığını çok iyi biliyordu... Peki Andromeda'nın uzaklığı herkesin düşündüğünden fazla olabilir miydi?

Baade, Andromeda galaksisinin kabul edilen uzaklığında bir hata olduğuna inanıyordu, RR Lyrae değişkenlerinin görülmemesinin tek sebebi bu olabilirdi. Meslektaşları ilk başta şüpheyile yaklaştılar ama Baade, Andromeda'nın uzaklığının geçmişte nasıl ve neden yanlış hesaplandığını gösterince ikna oldular.

Bölüm 3'te açıkladığımız gibi Andromeda galaksisinin ilk uzaklık ölçümleri, galaksiler arası ölçüm aracı olan Sefe değişken yıldızları kullanılarak yapılmıştı. Henrietta Leavitt, Sefelerin değişkenlik sürelerinin gerçek parlaklıklarının da bir belirtisi olduğunu göstermişti, görünürdeki parlaklıkları, gerçek parlaklıklarıyla kıyaslandığı zaman da Dünya'ya olan uzaklıkları kolayca hesaplanabilirdi. Samanyolu dışında Sefe değişkenleri olduğunu ilk fark eden Hubble olduğu için, Andromeda galaksisinin uzaklığını ölçebilmişti.

Ancak 1940'larda çoğu yıldızın *popülasyon* denen iki kategoriye ayrılabilceği ortaya çıkmıştı. Yaşlı yıldızlar Popülasyon II yıldızlarıdır ve bu yıldızlar sönmüş kalıntıları tekrar toplanıp genç ve daha sıcak, daha parlak ve daha mavi olan Popülasyon I yıldızlarına dönüşürler. Baade, Sefe yıldızlarının da bu iki kategoriye ayrıldıklarını varsaydı ve bu yüzden Andromeda galaksisinin daha yakınıymış gibi görüldüğünü söyledi.

Baade'nin, Andromeda'nın daha uzakta olduğu iddiası iki adım üzerine dayalıydı. Öncelikle, Popülasyon I Sefe yıldızları, kendileriyle aynı değişkenlik süresine sahip olan Popülasyon II yıldızlarından daha parlaktırlar. İkinci olarak da, astronomlar Andromeda'da sadece daha parlak olan Popülasyon I yıldızlarını görebilmekteydiler, ama Sefe uzaklık ölçümlerini Samanyolu'ndaki daha sönük Popülasyon II yıldızlarını kullanarak yapmışlardı.

İki tip Sefe yıldızı olduğundan habersiz olan Hubble, daha sönük Popülasyon II Sefe yıldızlarını Andromeda'nın daha parlak Popülasyon I yıldızlarıyla karşılaştırmıştı. Sonuç olarak Andromeda'nın gerçekte olduğundan daha yakın olduğunu hesaplamıştı.

Hesaplamaları düzeltmek için Baade, titiz bir şekilde çalışarak Sefe ölçüm sistemini, iki tip Sefe değişkeni için tekrar düzenledi. Bu şekilde Andromeda'daki Sefe değişkenlerine ve dolaylı olarak da Andromeda'ya olan uzaklığı hesaplayabilecekti. Popülasyon I Sefe değişkenlerinin ortalama olarak Popülasyon II Sefe yıldızlarından dört kat daha parlak olduğunu buldu. Bir yıldız, gözlemciden iki kat uzağa taşınırsa dört kat daha sönük gözükür. Andromeda'nın kabul edilen uzaklığının iki kat arttırılarak iki milyon ışık yılına çıkarılması gerekmektedir, çünkü Andromeda galaksisindeki Popülasyon I Sefe yıldızları, geçmişte kıyaslandıkları Popülasyon II tipindeki yıldızlardan dört kat parlaktır. Andromeda'nın uzaklığı düzeltilmişti. 2 milyon ışık yılı mesafeden RR Lyrae değişkenlerinin görünmemesi de garip değildi.

Eğer Baade'nin çalışmalarının sonucu sadece Andromeda'nın uzaklığını etkilemiş olsaydı astronomi tarihinde çok ufak bir yer tutardı. Ancak Andromeda'ya olan uzaklık diğer galaksilere olan uzaklığı hesaplamakta kullanılıyordu. Bu yüzden, Andromeda'ya olan uzaklığın iki katına çıkması, diğer galaksilerin uzaklıklarının da iki katına çıkması demekti.

Buna rağmen galaksilerin tahmini uzaklaşma hızları değişmedi, çünkü galaksilerin hızlarının Baade'nin çalışmalarıyla bir alakası yoktu ve hızı galaksilerden gelen ışığın kırmızıya kaymasıyla ilgiliydi. Bu çalışmanın Big Bang teorisi üzerindeki etkisi muazzamdı. Hız sabit kaldığı halde mesafe iki katına çıktığı için, galaksilerin bir yaratılış anından şu anki konumlarına ulaşmaları da iki kat zaman almalıydı. Yani Big Bang modeli evrenin yaşı artık 3.6 milyar yıla çıkmıştı ve bu rakam Dünya'nın yaşından daha küçük değildi.

Big Bang modelini eleştirenler, yıldızların ve galaksilerin muhtemelen Dünya'dan ve böylece 3.6 milyar yıldan daha yaşlı olduğunu ve bu yüzden Big Bang modelindeki evrenin hâlâ içerdiği yıldızlar ve galaksilerden daha genç olduğunu söylüyordu. Bu yüzden bu eleştirmenler zaman

aralığı probleminin hâlâ devam ettiğini iddia ediyorlardı. Ancak Big Bang teorisini destekleyenler eleştirmenlerin bu haklı iddialarından çok etkilenmediler çünkü Baade'nin çalışmaları galaksilerin uzaklıkları ve evrenin yaşı hakkında daha çok yol alınması gerektiğini göstermişti. Baade ufak bir hata bulmuştu ve evrenin yaşı iki katına çıkmıştı, bu yüzden başka bir hata daha bulunabilir ve evrenin yaşı yine iki katına çıkabilirdi.

Baade'nin çalışmaları Big Bang teorisindeki büyük bir hatanın çoğunu onarmakla kalmamış, astronominin zayıf bir noktasını göstermişti: körü körüne itaat. Hubble'ın ünü yüzünden astronomlar, uzun süredir onun Andromeda ve diğer galaksilerin uzaklıklarının ölçümelerini hiç sorgulamadan kabul ediyordu. Her ne kadar son derece saygın bilim adamlarından gelse bile, bu tür temel ifadeleri ve savları sorgulamamak, kötü bilimin özelliklerindendir.

Yıllar sonra, Andromeda uzaklığı hatasından ilham alan Kanadalı astronom Donald Fernie, bilimde itaat etmeyi ve kabul edip geçmeyi şöyle tanımlıyordu: "Astronomların sürü psikolojileri üzerine daha tam bir çalışma yapılmadı, ama bazen biz astronomlar bir antilop sürüsünden farksız hareket ediyoruz. Başlarımızı eğiyor, sık bir şekilde saf tutmuş olarak, ovaların üzerinde belirli bir yöne doğru koşturup gidiyoruz. Liderden gelen bir sinyal ile yön değiştirip aynı azim ve şevkle başka bir yöne doğru aynı sık saflarla basıp gidiyoruz."

Baade resmi olarak evrenin yaşının iki katına, 3.6 milyar yıla çıktığını 1952 Uluslararası Astronomi Birliği'nin Roma'daki toplantısında açıkladı. Odada bulunanlar arasından Big Bang modelini savunanlar, bu yeni ölçümün bir yaratılış anına olan inançlarını desteklediğini ya da en azından teorinin önündeki büyük bir engeli kaldırdığını görüp sevindiler. Şans eseri, o seansın resmi katibi, Big Bang modelinin en katı eleştirmeni Fred Hoyle'du. Seansın sonucunu yazdı ama ebedi bir evrene olan inancı kelimelerini dikkatli seçmesine sebep oldu ve Big Bang veya

yaratılış hakkında bir şey yazmadı. “Hubble’ın evrenin yaşıyla ilgili olan ölçümü yaklaşık 1.8 milyar yıldan 3.6 milyara çıkarılmalıdır.” diye yazdı.

Bu sonuçtan Hoyle kadar rahatsız olan diğer kişi de Edwin Hubble’dı. Kozmolojik sorunlarla hiç uğraşmadığı için Big Bang’in doğru olması ihtimali onu hiç rahatsız etmemişti. Hubble’ın umursadığı tek şey kendi ölçümlerinin doğruluğuydu, bu ölçümlerin yorumlanması veya ölçümleri üzerine inşa edilen teoriler değil. Sonuç olarak Baade, onun ölçümlerinde büyük bir hata bulduğu için yıkılmıştı.

Hubble, Baade’nin yeni ölçümlerinin önemini tahlil ederken morali bozuktu. Kazandığı onca ulusal ve uluslararası ödüle rağmen, en büyük hedefi olan Nobel ödülünü kazanamamış olmak onun için büyük bir üzüntüydü. Baade de onun ölçümlerinde bir hata bulduğuna göre artık Nobel ödülü onun için hayal olmuş gibiydi.

Aslında Nobel fizik komitesi, Hubble’ın çağının en büyük astronomu olduğundan şüphe duymuyordu, Baade’nin araştırmaları da Hubble’ın itibarını onların gözünde hiç değiştirmemişti. Sonuçta Hubble 1923’te Büyük Tartışmayı sonuçlandırmış ve Samanyolu’nun ötesinde galaksiler olduğunu kanıtlamıştı. Ayrıca 1929’da gerçekleştirdiği çalışmalarla Big Bang ve Sabit Evren modeli tartışmasını başlatmış ve galaksilerin ışığının kırmızıya kayma yasasını geliştirmişti. Nobel Vakfı’nın onu bugüne kadar ihmal etmesinin sebebi, astronomiyi fiziğin bir parçası olarak görmemeleriydi. Hubble teknik bir sebeple Nobel’i kaybetmişti.

Hubble, onu kozmik kahramanları olarak gören ve başarılarını metheden medya ve halkın övgüsüyle yetinmek zorundaydı. Bir gazetecinin yazdığı gibi: “Kolomb üç bin mili aşarak bir kıta ve birkaç ada bulduysa da Hubble, sonsuz uzayı katederek yüzlerce yeni dünya, ada, kıtalar ve konumlar bulmuştur. Ayrıca bu yeni dünyalar da birkaç bin mil uzakta değil trilyonlarca mil uzaktaydı.”

Hubble 28 Eylül 1953'te beyin kanamasından öldü. Trajik bir şekilde Nobel fizik komitesinin kurallarını değiştirerek ona Nobel'i vermeyi düşündüğünü hiç öğrenemedi. Hatta tam Hubble'ın öldüğü sıralarda onun aday olduğunu açıklamaya hazırlanıyorlardı.

Nobel ödülü ölümden sonra verilemez ve teamüller komite tartışmalarının gizli kalmasını gerektirir. Hubble'ın adaylığı bu şekilde sonsuza kadar bir sır olarak kalacaktı ama komite üyelerinden Enrico Fermi ve Subrahmanyam Chandrasekhar, Grace Hubble'la görüştü ve kocasının evreni anlayışımız için yaptığı eşsiz katkıların göz ardı edilmediğini bildirdi.

Daha Sönük, Daha Uzak, Daha Yaşlı

Andromeda galaksisinin uzaklığından şüphelenerek ve düzelterek Walter Baade meslektaşlarına, geçmişte yapılan ölçümlerin tekrar incelenmesi ve ihtiyaç varsa düzeltilmesi gerektiğini hatırlatıyordu. Sağlıklı bir bilimsel düşünce dünyasının önemli bir parçası bu sorgulamaydı. Bir ölçüm ancak birkaç kere üst üste sınıandıktan, sağlaması yapıldıktan sonra "gerçek" olarak kabul edilebilir; ancak yine de arada bir sınanmasından zarar gelmez.

Şüphe ve eleştiri kültürü içinde Baade'nin ölçümleri de tekrar test edilmişti. Hatta Baade'nin kendi öğrencisi Allan Sandage, hocasının ölçümlerini düzeltecek ve evrenin yaşını daha da arttıracaktı.

Sandage da birçok meslektaşı gibi teleskoptan uzaya ilk bakışında astronomiye hayran olmuştu. Kendisinin "beynimde şimşekler çaktı", dediği o anı asla unutamayacaktı. Sonunda Mount Wilson'da astronomi doktorası yapmaya ve Baade'nin yanında çalışmaya başladı. Baade de ondan gözlemlenebilmiş en uzak galaksilerin yeni fotoğraflarını çekmesini talep etti çünkü Sandage'ın, uzaklık ölçümlerini kontrol etmesini istiyordu.

Astronomlar uzak galaksilerin Dünya'ya olan mesafelerini öğrenmek için Sefe yıldızı ölçümelerini kullanamıyorlardı çünkü o kadar uzaktaki galaksilerde bulunan Sefe değişkenlerini saptamak olanaksızdı. Bunun yerine tamamen değişik bir teknik kullanmak zorundaydılar; Andromeda galaksisindeki en parlak yıldızın, aşağı yukarı diğer tüm galaksilerdeki en parlak yıldız kadar parlak olduğunu varsayıyorlardı. Bu yüzden uzak bir galaksideki en parlak yıldız Andromeda'nın en parlak yıldızından $1/100$ ($1/10^2$) kadar daha sönükse bu, o galaksinin Andromeda'dan on kat daha uzakta olduğu anlamına gelir çünkü parlaklık mesafenin karesine göre azalır.

Her ne kadar yıldızların parlaklığı aşırı şekilde farklı olsa da, uzaklığı ölçmek için geliştirilen bu yöntem mantıksız değildi. Örneğin insanın boyu da çok farklıdır. Ancak rastgele seçilmiş, elli yetiştikenden oluşan iki grubun içindeki en uzun insanın aşağı yukarı 1.90 olduğunu varsaymak mantıksız olmaz. İki büyük insan grubu uzakta duruyorsa ve ilk grubun içindeki en uzun adam diğer grubun içindeki en uzun adamın üçte biri kadar görünüyorsa ilk grubun ikinci gruptan üç kat uzakta olduğunu söyleyebiliriz. Her iki gruptaki en uzun adamın aşağı yukarı aynı boyda olduğunu varsaydık ve görünen uzunluk mesafeyle uyumlu bir şekilde değişir. Elbette bu yöntem kusursuz bir yöntem değil. Bir grup, basketbol maçına giderken diğer grup, jokey hakları için bir eylem yapmaya gidiyor olabilir. Ancak çoğu zaman uzaklık tahminleri ufak yanılma payları olsa da doğrudurlar.

Bu teknik insanların boylarının ortalamasını veya yıldızların parlaklığının ortalamasını alsa çok daha güvenilir olurdu, ama astronomlar bu tekniği çok uzaktaki galaksilere uyguladıkları için sadece en kolay görebilecekleri en parlak yıldızı kullanıyorlardı. Astronomlar galaksilerin uzaklığını ölçmek için bu tekniği 1940'lardan beri kullanıyorlardı ve arada bir kontrol edilmesinde bir sakınca görmedikleri gibi genel anlamda bu tekniğe güveniyorlardı. Bu yüzden de Baade, Sandage'dan ölçümelerini kontrol

etmesini istemişti. Ancak Sandage, en parlak yıldızın kullanıldığı bu tekniğin önemli bir hatası olduğunu fark edecekti.

İlerleyen fotoğrafçılık teknolojisi sayesinde Sandage, uzaktaki bir galaksinin en parlak yıldızı olarak kabul edilen bir şeyin aslında başka bir şey olduğunu gördü. Evrendeki hidrojenin çoğu bildiğimiz yıldızlar halindedir ama hidrojenin önemli bir boyutu da HII bölgeleri denen bulutlarda birikir. Bir HII bölgesi etrafındaki yıldızların ışığını soğurur ve 10,000°C'a kadar ısınır. Sıcaklığı ve boyutu yüzünden bir HII bölgesi neredeyse tüm yıldızlardan daha parlak görünebilir.

Sandage'dan önce astronomlar bilmeden Andromeda'daki en parlak yıldızı, diğer çok uzaktaki veya yeni bulunmuş galaksilerdeki HII bölgeleriyle kıyaslıyorlardı. HII bölgelerinin yıldız olduğunu zanneden astronomlar, bu galaksilerin göreceli olarak daha yakın olduğunu sanıyorlardı, çünkü en parlak yıldızları yine göreceli olarak parlak görünüyordu. Sandage bu HII bölgelerini yıldızlardan ayırabilecek kadar net fotoğraflar elde edince, galaksilerdeki en parlak yıldızların aslında tahmin edilenden daha sönük olduğunu, bu yüzden de galaksilerin geçmişte ölçüldüğünden daha uzakta olduğunu açıkladı.

Bu uzak galaksilerin Dünya'yla arasındaki mesafe, Big Bang teorisinin evrenin yaşını hesaplamasında son derece önemliydi. 1952'de Baade galaksilerin uzaklığını iki katına çıkarmıştı, ve böylece de evrenin yaşı da iki katına çıkıp 3.6 milyar yıl olmuştu. Ardından iki yıl sonra Sandage, galaksileri daha da uzaklara gönderdi, ve evrenin yaşı 5.5 milyar yıla çıktı.

Tüm bu artışlara rağmen ölçümler hâlâ yanıltıcıydı. Sandage, 1950'ler boyunca uzaklık ölçümleri üzerine çalışmaya devam etti ve galaksilerin uzaklıklarıyla birlikte evrenin yaşı da artmaya devam etti. Gerçekten de galaksilerin uzaklığını ve evrenin yaşını ölçmede en önemli figür Sandage olacaktı, ve onun gözlemleri sayesinde evrenin yaşının 10-20 milyar arasında olduğu ortaya çıkacaktı. Bu ge-

niş aralık kesinlikle evrendeki diğer nesnelerle uyumluydu. Artık Sabit Evren modelini savunanlar, yıldızlardan daha genç bir evren modeli tasarladıkları için Big Bangcilerle dalga geçemeyeceklerdi.

Kozmik Simya

Her ne kadar zaman aralığı problemi çözülmüş olsa da Big Bang modelinin hâlâ başka sorunları vardı. Big Bang modelini savunanların karşısındaki en önemli bulmaca çekirdek sentezi, daha doğrusu helyumdan ağır elementlerin nasıl yaratıldığı sorusuydu. George Gamow bir keresinde; “Evrendeki tüm elementler, bir aşçının ördek ve patates pişirmesinden daha kısa sürede yaratılmışlardır”, şeklinde bir ifade kullanmıştı. Yani tüm atom çekirdeği çeşitlerinin Big Bang’den hemen sonraki bir saat içinde yaratıldığını söylüyordu. Ancak Gamow, Alpher ve Herman’ın tüm uğraşlarına rağmen hidrojen ve helyumdan daha ağır bir elementi yaratabilecek bir mekanizmayı bulamamışlardı. Big Bang’in sonrasında evrenin sıcaklığı çok yüksek olsa da ağır elementlerin oluşması imkânsız gibi görünüyordu. Eğer ağır elementler Big Bang’den hemen sonra yaratılmadıysa soru açıktı: nerde ve ne zaman yaratılmışlardı o zaman?

Arthur Eddington daha önce atom çekirdeği sentezi ile ilgili, olası bir teori öne sürmüştü: “Yıldızların, hafif atomların ağır atomlara dönüştürüldüğü kazanlar olduğunu düşünüyorum.” Ancak yıldızların sıcaklığının yüzeyde sadece birkaç bin derece, merkezinde ise sadece birkaç milyon derece olduğu tahmin ediliyordu. Bu sıcaklık hidrojeni helyuma dönüştürmek için yeterliydi ama helyum çekirdeklerini daha ağır atomlara dönüştürmek için yeterli değildi çünkü bunun için sıcaklığın birkaç milyar derece olması gerekiyordu.

Örneğin neon atomlarının üretilmesi için 3 milyar derece sıcaklığa ihtiyaç vardır, ama daha ağır olan silikon

atomlarının üretilmesi için 13 milyar derece sıcaklık gerekir. Bu durum da başka bir sorun yaratır. Eğer bir ortam neon üretecek kadar sıcaksa, silikon üretecek kadar sıcak değildir. Fakat silikon üretecek kadar sıcaksa tüm neon atomları da silikona dönüşür. Sanki her atom çeşidi kendisine has bir yaratılış ortamına ihtiyaç duyuyordu, ve evren de bu farklı yaratılış ortamlarını içeriyordu. Ancak ne yazık ki kimse bu ortamları bugüne kadar bulamamıştı.

Bu gizemin çözülmesine en büyük katkıyı Fred Hoyle sağlayacaktı. Atom çekirdeği sentezi meselesini Big Bang'in bir sorunu olarak değil, her iki teorinin de bir sorunu olarak görüyordu. Big Bang modeli evrenin başlangıcındaki temel partiküllerin günümüzde karşılaştığımız elementlere nasıl dönüştüğünü açıklamak zorundaydı. Benzer şekilde Sabit Evren modeli de galaksilerin arasında sürekli yaratılan atomların nasıl daha ağır atomlara dönüştüğünü anlatmak zorundaydı. Hoyle atom çekirdeği sentezi problemini, araştırma yapmaya başladığı ilk günlerden beri düşünüyordu ancak çözüme doğru ilk adımlarını 1940'larda atmaya başladı. Bir yıldız ömrünün, çeşitli evrelerinden geçerken neler olacağını düşündükçe ilerleme kaydetmeye başladı.

Orta yaşlı bir yıldız genellikle kararlı bir haldedir, hidrojen atomlarını helyuma dönüştürerek enerji elde eder ve ışık enerjisi saçarak ısı kaybeder. Aynı zamanda çekim kuvveti yüzünden yıldızın tüm kütlesi içe doğru çekilir ancak bu çekim kuvveti, yıldızın içindeki yüksek sıcaklığın neden olduğu basınçla dengelenir. Bölüm 3'te daha önce değindiğimiz gibi, yıldızdaki bu denge bir balona benzemektedir, balonun yüzeyi küçülüp içine doğru kapanmak isterken balonun içindeki hava basıncı, bu kuvveti dengeler. Bu benzetmeyi Sefe yıldızlarının nasıl değişken olduklarını anlatmak için kullanmıştık.

Hoyle yıldızlar üzerine gerçekleştirilmiş teorik çalışmaları yakından takip etmişti ve çekim kuvvetiyle iç basınç arasındaki dengeyi biliyordu, ama bu denge bozulduğu zaman ne olacağını görmek istiyordu. Hoyle, özellikle

bir yıldızın ömrünün sonlarına geldiğinde, hidrojen yakıtı bitmeye başladığında ne olacağını öğrenmek istiyordu. Doğal olarak yakıtın tükenmesi yıldızın soğumasına neden olur. Sıcaklığın düşmesi yıldızın içinden dışarı doğru olan basıncın düşmesini sağlar ve çekim kuvveti basınca galip gelerek yıldızın büzülmesine sebebiyet verir. Fakat Hoyle, bu büzülmenin her şeyin sonu olmadığını anlamıştı.

Tüm yıldız içine doğru çökmeye başladıkça basınç, yıldızın çekirdeğini tekrar ısıtıp yıldızın dışarı doğru basıncını arttırıp büzülmeyi durdururdu. Büzülmeyle birlikte artan sıcaklığın birçok nedeni vardır ama en önemlisi büzülmenin daha çok nükleer tepkimeyi tetiklemesi ve böylece ısı üretilmesidir.

Her ne kadar bu ekstra ısı, yıldızın tekrar dengelenmesine sebep olsa da bu geçici bir durumdur, yıldızın ölümlü sadece bir süre ertelenir. Yıldız daha fazla yakıt tüketmeye devam eder ve azalan yakıt stoğu kritik boyutlara erişir. Yakıtın bitmesi, enerji üretiminin bitmesi anlamına gelir, ve yıldızın çekirdeği tekrar soğumaya başlar ve tekrar büzülme yaşanır. Bu durum yeniden çekirdeğin ısınmasına yol açar ve bir sonraki yakıt sıkıntısına kadar büzülmeyi durdurur. Bu dur-başla büzülme periyotları, birçok yıldızın çok yavaşça öldüğü anlamına gelir.

Hoyle değişik türlerde yıldızları analiz etmeye başladı (örn. Ufak, orta, büyük, Popülasyon I, Popülasyon II, vs.) ve yıllar süren hummalı çalışmalardan sonra, değişik türdeki yıldızların ömürleri bittikçe yaşadıkları basınç ve sıcaklık değişimlerini hesapladı. Hepsinden önemlisi, son nefesini veren yıldızlarda yaşanan nükleer tepkimeleri ve Tablo 5'te gösterildiği gibi, değişik sıcaklık ve basınçların ağır atom çekirdeklerinin ortaya çıkmasını sağlayabileceğini ortaya koydu.

Farklı türde yıldızlarda, birçok değişik elementin üretebileceği, çünkü yıldızların çekirdeklerinin yıldızın ömrü ve ölümü boyunca son derece değiştiği ortaya çıktı. Hoyle'un hesaplamaları günümüzde karşılaştığımız element-

Safha	Sıcaklık (°C)	Yoğunluk (g/cm ³)	Safhanın uzunluğu
Hidrojen → helyum	4×10^7	5	10^7 yıl
Helyum → karbon	2×10^8	7×10^2	10^6 yıl
Karbon → neon + magnezyum	6×10^8	2×10^5	600 yıl
Neon → oksijen + magnezyum	1.2×10^9	5×10^5	1 yıl
Oksijen → sülfür + silikon	1.5×10^9	1×10^7	6 ay
Silikon → demir	2.7×10^9	3×10^7	1 gün
Çekirdeğin içine çökmesi	5.4×10^9	3×10^{11}	0.25 saniye
Çekirdeğin genişlemesi	23×10^9	4×10^{14}	0.001 saniye
Patlama	yaklaşık 10^9	değişken	10 saniye

Tablo 5: Fred Hoyle yıldızlarının ömürlerinin farklı dönemlerini inceleyip atom çekirdeği sentezlerinin nasıl gerçekleşebileceğini araştırdı. Bu tabloda Güneş'in kütlesinin yirmi beş katı kütleyle sahip bir yıldızda nükleer tepkimelerin nasıl ve hangi sırayla gerçekleşeceği gösterilmektedir. Bu kadar büyük bir yıldızın ömrü, diğer yıldızlara oranla çok daha azdır. İlk önce yıldız birkaç milyon yıl boyunca hidrojeni helyuma dönüştürür. Yıldızın ömrünün sonraki dönemlerinde sıcaklık ve basınç artar ve oksijen, magnezyum, silikon, demir ve diğer elementlerin çekirdeklerinin oluşmasına imkân tanır. Yıldızın ölümünün son ve en yoğun safhâlarında daha ağır atomlar da üretilir.

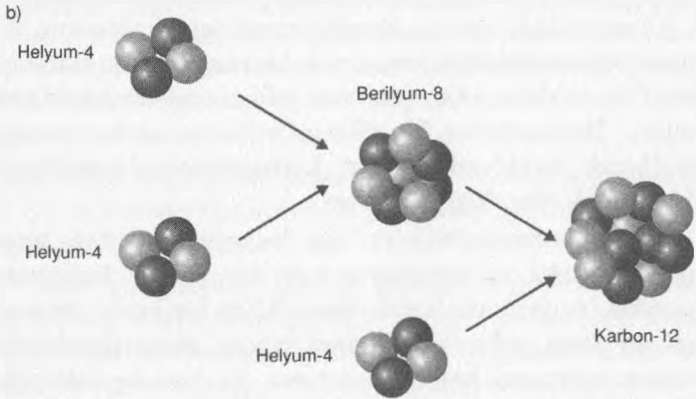
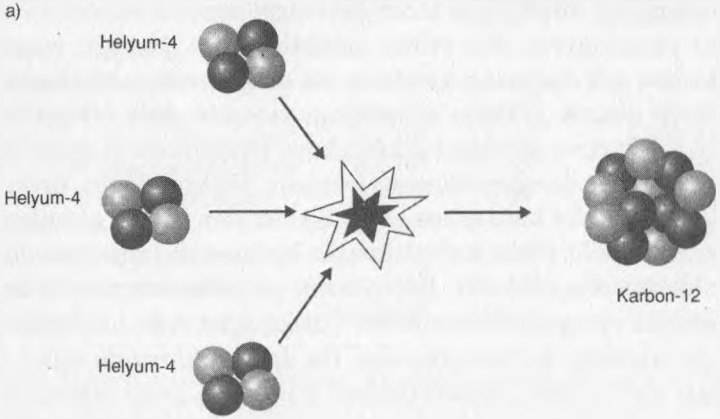
lerin bolluk oranlarını, örneğin demir ve oksijen atomlarına bol miktarda rastlanırken altın ve platinin nadir olmasını açıklayabiliyordu.

Bazı istisnai durumlarda, büyük bir yıldızın ilk büzülme safhası durdurulamaz ve yıldız çok çabuk ölür. Bunun sonucunda eşi benzeri görülmemiş yoğunlukta bir patlama ve yıldız ölümlerinin en şiddetlisi olan süpernova yaşanır. Süpernova olduğu zaman, bir yıldız 10 milyar yıldızdan daha fazla enerji salgılar ve inanılmaz bir şekilde parlar (Bu yüzden Andromeda galaksisinde yaşanan süpernova Büyük Tartışma zamanındaki bilim adamlarını şaşırtmıştı). Hoyle, süpernovaların en aşırı ortamlar olduğunu ve en nadir nükleer tepkimelerin yaşanarak en egzotik ve nadir elementlerin oluşmasını sağladığını gösterdi.

Hoyle'un araştırmalarının bir diğerk önemli sonucu da yıldızların ölümünün atom çekirdeğisentezi sürecinin sonu olmadığıydı. Bir yıldız şiddetle içine çöktüğüz zaman devasa şok dalgaları yayar ve bu dalgalar da patlamalara sebep olarak yıldızın atomlarını evrenin dört bir yanına saçarak. Evrene yayılan bu atomların bazıları da yıldızın son dönemlerinde gerçekleşen nükleer tepkimelerin ürünüdür. Bu yıldız kalıntıları evrende süzölen başka atomlarla ve başka ölü yıldız kalıntılarıyla birleşerek tamamen yeni yıldızlar oluştururlar. İkinci nesil yıldızlar atom çekirdeğisentezi yarışında öndedirler, çünkü içlerinde hâlihazırda ağır atomlar bulunmaktadır. Bu da öldüklerinde daha da ağır elementleri doğuracakları anlamına gelir. Bizim Güneşimizin üçüncü nesil bir yıldız olduğudüşünölmektedir.

Sihirli Ocak kitabının yazarı Marcus Chown, yıldız simyasının önemini şöyle anlatıyor: “Bizim yaşayabilmemiz için milyarlarca, hatta yüzlerce milyarlarca yıldız öldü. Kanımızdaki demir, kemiklerimizdeki kalsiyum, her nefes aldığımızda ciğerlerimizi dolduran oksijen; bunların hepsi Dünya doğmadan çok önce yıldızların ocağında pişirilmişti.” Romantikler, kendilerini yıldız tozundan yaratılmış olarak hayal edebilirler; kötümserlerse kendilerini nükleer atık olarak görebilirler.

Hoyle, kozmolojinin en zor bulmacalarından birini alaşağı etmişti ve neredeyse tam bir çözüm bulmuştu, ama ufak bir problem vardı. Şekil 52'de bir yıldız türünde yaşanan atom çekirdeğisentezi zinciri gösterilmektedir: hidrojen helyuma, helyum karbona, karbon da daha ağır elementlere dönüştürölür. Her ne kadar şekilde helyumun karbona dönüştüğüz adım, açıkça gösterilse de Hoyle, bu adımın nasıl gerçekleştiğini bulamamıştı. Görebildiğikadarıyla helyumu karbona dönüştürmenin olası bir yolu yoktu. Ancak Hoyle karbonun üretilmesini açıklayamazsa diğerk tüm çekirdek tepkimeleri de güme gidecekti, çünkü helyumdan diğerk atomlara olan çekirdek sentezlerinin arasında karbon duruyordu. Ayrıca bu sorun tüm yıldız



Şekil 89: Şekil (a)'da üç helyum çekirdeğinin aynı anda çarpışarak karbon atomunu oluşturduğu gösterilmektedir. Bu yol pratikte hiç de olası değildir. Şekil (b)'de gösterilen ikinci yolda önce iki helyum çekirdeği birleşerek bir berilyum çekirdeği oluşturur, ardından da berilyum bir helyum çekirdeğiyle birleşerek karbonu oluşturur.

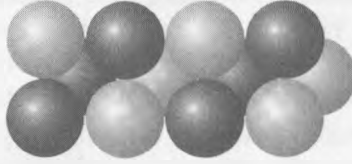
türleri için geçerliydi, helyumu karbona dönüştürmenin bir yolu yoktu.

Fred Hoyle, Gamow ve meslektaşlarının çalışmasını durduran aynı duvarla karşılaşmıştı. Hatırlayacak olursanız Gamow ve ekibi helyumun girdiği nükleer tepkimelerin sadece kararsız atom çekirdekleri oluşturduğunu görmüşlerdi. Bir helyum çekirdeğine hidrojen çekirdeği ekleyince kararsız ve 5 nükleonlu lityum çekirdeği elde ediliyordu; iki helyum çekirdeği birleşince yine kararsız olan berilyum-8 çekirdeği ortaya çıkıyordu. Sanki doğa, helyumun özellikle karbon olmak üzere daha ağır atomlara dönüşebileceği iki yolu da kapatmıştı. Bu iki engel aşamadığı sürece, ağır atom çekirdeklerinin üretilmesi sorunu, Hoyle'un yıldızlarda atom çekirdeği sentezi görüşünü darmadağın edecekti. Farklı elementlerin ortaya çıkışını hiçbir zaman açıklayamayacak gibi görünüyordu.

Gamow'un ekibi, bu problemi Big Bang sonrası atom çekirdeği senteziyle açıklayamamıştı ve Hoyle da yıldızlarda oluşan atom çekirdeği sentezi teorisiyle pek yol katedememişti. Helyumun karbona dönüşmesi imkânsız gibi görünüyordu. Ancak Hoyle, vazgeçmek niyetinde değildi. Ölen yıldızların içinde gerçekleşen tüm nükleer tepkimeler karbonun varlığına dayalıydı bu yüzden kendini karbonun nasıl oluştuğu gizemini çözmeye adanmıştı.

Karbonun en sık rastlanılan türü karbon-12'dir, çünkü çekirdeğinde altı proton ve altı nötron taşır. Helyumun en sık rastlanılan türü ise helyum-4'tür, çünkü çekirdeğinde iki proton ve iki nötron vardır. Bu yüzden Hoyle'un sorunu basit bir soruya indirgenebilir: üç helyum çekirdeğini bir karbon çekirdeğine dönüştürmenin bir yolu var mıdır?

Bir olasılık üç helyum çekirdeğinin aynı anda çarpışıp karbon çekirdeğine dönüşmesiydi. Bu fena bir fikir değildi ama pratikte imkânsızdı. Üç helyum çekirdeğinin aynı anda aynı yerde olmaları ve tam doğru açı ve hızla ilerleyip birbirlerine çarpma olasılığı sıfıra eş değerd. Diğer yol da iki helyum çekirdeğinin birleşerek kararsız berilyum-8



Şekil 90: Şekilde karbonun muhtemel iki dizilişi gösterilmektedir. Ancak gerçekte protonlar ve nötronlar böyle nizami bir şekilde dizilmezler ve daha çok küreye benzeyen bir dizilişi tercih ederler. Burada önemli olan nokta karbon çekirdeğinin farklı diziliş ve kütlelerde var olabilmesidir.

çekirdeğini oluşturması ve sonrasında bu berilyum-8 çekirdeğinin başka bir helyumla birleşerek karbon oluşmasıydı. Bu iki yol Şekil 89'da gösterilmektedir.

Ancak berilyum-8 çok kararsızdır, bu yüzden Gamow, bu çekirdeği daha ağır atom çekirdeklerine giden yolda bir engel olarak görmüştür. Hatta berilyum-8 çekirdeği o kadar kararsızdır ki ortaya çıktığı nadir zamanlarda, saniyenin milyarda biri bir süre var olup hemen dağılır. Bir helyum çekirdeğinin berilyum-8 çekirdeğiyle tepkimeye girmesi yine de mümkündür, ama bu tepkime gerçekleşse bile yine bir sorun vardı.

Bir helyum çekirdeğiyle berilyum çekirdeğinin toplam kütlesi, karbon çekirdeğinin toplam kütesinden fazladır; bu yüzden berilyum ve helyum gerçekten birleşse bile ekstra kütleden kurtulmaları gerekirdi. Normalde nükleer tepkimeler, ekstra kütleyi enerjiye dönüştürerek ondan

kurtulabilir ($E = mc^2$), ama kütle farkı ne kadar çoksa bu tepkimenin gerçekleşmesi için gereken zaman da o kadar artar. Fakat berilyum-8'in hiç zamanı yoktur. Berilyum-8'in çok az bir ömrü olduğu için karbon hemen oluşturulmalıdır.

Karbonun berilyum-8 kullanılarak oluşmasının önünde iki engel duruyordu. Öncelikle berilyum-8 son derece kararsızdı ve saniyenin çok az bir kısmı kadar var oluyordu. İkinci olarak da helyum ve berilyumu karbona dönüştürmek için belirli bir zamana ihtiyaç duyuluyordu çünkü helyum ve berilyumun toplam kütlesi karbonunkinden fazlaydı. Durum imkânsız gibi görünüyordu. Hoyle, bu noktada umutsuzluğa kapılıp daha basit bir soruna yönelebilirdi. Bunun yerine, bilim tarihinde eşine zor rastlanır bir şekilde sezgilerini kullandı.

Her ne kadar bütün atom çekirdeklerinin standart bir yapısı olsa da Hoyle, proton ve nötronların alternatif dizilişlerinin olabileceğini biliyordu. Bir karbon çekirdeğini oluşturan on iki partikülü on iki küre olarak düşünebiliriz; bu kürelerin iki farklı dizilimi Şekil 90'da gösterilmektedir. İlkinde dikdörtgen şeklinde altılık iki sıra bulunmaktadır; ikincisinde de üçgen şeklinde, üçlük dört sıra bulunmaktadır (atom seviyesi geometrik olarak bu kadar düzenli olmadığı için bu anlatım aslında çok basite kaçarak yapılmıştır). İlk dizilişin karbonun en sık rastlanan formu olduğunu varsayalım, ikincisi de karbonun *yükseltilmiş hali* olsun. Normal karbon atomuna enerji ekleyerek yükseltmek mümkündür. Enerji ve kütle eş değeri olduğu için (tekrar $E = mc^2$) yükseltilmiş karbon çekirdeğinin kütlesi normal karbondan biraz daha fazladır. Hoyle, berilyum-8 ve helyumun kütlesiyle tam olarak aynı kütlede olan yükseltilmiş bir karbon atomunun olduğu sonucuna vardı. Eğer böyle bir yükseltilmiş karbon atomu varsa berilyum-8 ve helyum çekirdekleri hızlıca tepkimeye girip bu karbonu oluşturabilirlerdi. Berilyum-8'in kısa ömrüne rağmen bu şekilde karbon-12 atomları oluşturulabilirdi. Problem çözülmüştü!

Ancak bilim adamları hayal ürünü bir çözümle yetine-
mezler. Sırf Hoyle'un, doğru kütledeki bir yükseltilmiş
karbon-12'nin, karbon ve sonrası ağır elementlerin oluşu-
munu sağlayacağını iddia etmesi, bu yükseltilmiş karbo-
nun var olduğu anlamına gelmez. Yükseltilmiş atomların
sadece belirli kütleleri olabilir, ve bilim adamları bu küt-
lenin işlerine gelen rakam olmasını sağlayamazlar. Neyse
ki Hoyle, hayalperestliğin ötesinde bir adamdı. Yükseltil-
miş karbonun tam da doğru kütlede olacağı tahmini garip
ama doğru bir mantıksal kurguya dayanıyordu.

Hoyle'un iddiası şu şekildedeydi: Hoyle evrende vardı.
Dahası, karbon temelli bir organizmaydı. Yani karbon ev-
rende vardı, bu yüzden evrende karbon üretmenin bir yo-
lu kesinlikle olmalıydı. Ancak karbonun evrende var ola-
bilmesinin tek yolu, karbonun özel bir yükseltilmiş haline
bağlı gibi görünüyordu. Sonuç olarak bu yükseltilmiş kar-
bon da var olmalıydı. Hoyle, daha sonra *insani ilke* olarak
bilinecek prensibi uyguluyordu. Bu ilke farklı şekillerde
tanımlanıp yorumlanabilir ama bir versiyonuna göre: "Biz
burada evreni araştırıyoruz demek ki evrenin kanunları
bizim varlığımızla uyumlu olmak zorundadır."

Hoyle, argümanında karbon-12 çekirdeğinin kendi
varlığının bir parçası olduğunu, bu yüzden de karbon-
12'nin yükseltilmiş halinin tahmin ettiği kütlede olması
gerektiğini söylüyordu. Aksi halde ne karbon-12 çekirdeği
ne de Fred Hoyle var olamazdı.

Teknik olarak Hoyle bu yükseltilmiş karbonun, nor-
mal karbondan 7.65 megaelektronvolt (MeV) daha fazla
enerjiyle yüklü olacağını hesapladı. Megaelektronvolt,
atom çekirdeği gibi çok küçük nesnelerdeki enerjiyi ölç-
mek için kullanılan bir ölçü birimidir. Hoyle tam da bu ka-
dar enerjiyle yüklü bir karbon atomunun olup olmadığını
bilmek istiyordu.

1953'te, yükseltilmiş karbon atomu makalesini yayın-
ladıktan kısa bir süre sonra California Teknoloji Enstitü-
sü'ne (Caltech) davet edilmişti ve burada teorisini test et-
me şansını yakaladı. Kellogg Radyasyon Laboratuvarı, Cal-

tech kampusündeydi ve Willy Fowler burada dünyanın en iyi deneysel nükleer fizikçilerinden biri olarak ün yapmıştı. Bir gün Hoyle, Fowler'ı ofisinde ziyaret etti ve ona normal karbondan 7.65 MeV daha fazla enerjiye sahip olan yükseltilmiş karbon tahmininden bahsetti. Daha önce kimse yükseltilmiş bir atom hakkında böyle titiz bir tahminde bulunmamıştı, çünkü işin içindeki fizik ve matematik çok karmaşıktı. Ancak Hoyle'un tahmini matematiğe veya fiziğe değil, mantığa dayalıydı. Hoyle, Fowler'dan tahmin ettiği yükseltilmiş karbon-12 atomunu aramasını ve bulmasını istiyordu.

Fowler, Hoyle'la ilk kez karşılaşmıştı ve bu İngiliz'in kafasından neler geçtiğini bilmiyordu. Fowler'ın ilk tepkisi karbon-12'nin detaylı bir şekilde incelendiği ve yapılan araştırmaların hiç birinde 7.65 MeV derecesine yükseltilmiş bir atoma rastlanmadığıydı. Sonrasında Hoyle'a karşı tutumunun tamamen negatif olduğunu itiraf ediyordu: "Bu teorisyenin, bu Sabit Evren kozmoloğunun, karbon-12 çekirdeği hakkında sorular sormasına kuşkuyla bakıyordum... Bu komik ufak adam, bizden yürüttüğümüz tüm önemli araştırmaları yarıda bırakmamızı ve bu yükseltilmiş atomu bulmamızı istiyordu. Biz de onu başımızdan defettik. Git başımızdan genç adam, bizi meşgul ediyor-sun."

Fakat Hoyle ısrarcıydı. Fowler'ın sadece 7.65 MeV yükseltilmiş karbon-12 atomunu arayacağı için, bu çalışmayı sadece birkaç gün içinde tamamlayabileceğini belirtiyordu. Eğer Hoyle yanılıyorsa Fowler birkaç gün, gece geç vakitlere kadar çalışarak işlerini yetiştirebilirdi, ama eğer Hoyle yanılmıyorsa Fowler nükleer fizikteki en büyük keşiflerden birini yapmış olacaktı. Fowler bu basit kar-zarar karşılaştırmasıyla ikna olmuştu. Derhal ekibinden bu yükseltilmiş atomu bulmalarını istedi.

Karbon-12 çekirdeğini on gün boyunca inceledikten sonra, Fowler'ın ekibi yeni bir yükseltilmiş karbon atomu buldular. Tam olarak Hoyle'un dediği gibi 7.65 MeV daha fazla enerji yüklüydü. İlk ve son kez bir bilim adamı, insa-

ni ilkeyi kullanarak bir varsayımda bulunmuş ve haklı çıkmıştı. Çok büyük bir dehanın zafer anıydı.

Sonunda Hoyle, helyumun berilyuma, ardından da karbona dönüştürülebileceği mekanizmayı çözmüştü. Karbonun yaklaşık 200,000,000 °C sıcaklıklarda, Şekil 53 (b)de gösterildiği gibi üretildiğini kanıtlamıştır. Bu aslında çok yavaş bir süreçti ama milyarlarca yıldız, milyarlarca yıl boyunca önemli ölçülerde karbon üretebilirdi.

Karbonun üretilmesi açıklanınca evrendeki diğer elementlerin de oluşmasını sağlayan diğer nükleer tepkimeler açıklanmış oldu. Hoyle, atom çekirdeği sentezi problemini çözmüştü. Bu Sabit Evren modeli için büyük bir başarıydı, çünkü artık Hoyle sözde galaksiler arasında yaratılan basit maddelerin birleşerek yıldızlara ve galaksilere dönüşeceğini, böylelikle de daha ağır elementlerin üretildikleri ocaklar olacağını söylüyordu. Hoyle'un çalışmaları, evrenin yaratılmasından hemen sonra ortaya çıkan helyum ve hidrojen elementlerinden ağır elementlerin nasıl ortaya çıktığını açıklayamayan Big Bang teorisi için de büyük bir adımdı.

İlk bakışta atom çekirdeği sentezi probleminin çözülmesi, iki teori arasında bir beraberliğe neden olmuş gibi görünebilir. Sonuçta hem Sabit Evren, hem de Big Bang modeli ağır elementlerin varlığını yıldızlarda yaşanan süreçle açıklayabiliyordu. Ancak yine de Big Bang iki teori arasında daha güçlü olanıydı, çünkü hidrojen ve helyum gibi hafif elementlerin bolluklarını daha tatmin edici bir şekilde açıklayabiliyordu.

Helyum, hidrojenden sonra evrendeki en hafif ve en sık rastlanan ikinci elementtir. Yıldızlar hidrojeni helyuma dönüştürürler ama bu işlem çok yavaşça olur, yani Big Bang teorisine göre günümüzde var olan helyum oranının sebebi yıldızlar olamaz. Ancak Gamow, Alpher ve Herman, günümüzdeki helyum oranının Big Bang'den hemen sonra hidrojenin helyuma dönüştürülmesiyle ortaya çıkabileceğini göstermişti. En son yapılan Big Bang hesaplamaları helyumun, evrendeki atomların %10'unu oluşturmaları

gerektiğini söylemektedir; bu da yapılan en son gözlemlerle uyumludur.

Buna karşın Sabit Evren modeli helyum bolluğunu açıklayamıyordu. Bu yüzden Big Bang ve Sabit Evren teorileri, ağır elementlerin oluşumu konusunda berabere kalmışlardı ama sadece Big Bang teorisi helyumun bolluğunu açıklayabiliyordu.

Big Bang teorisindeki atom çekirdeği sentezi modelleri, helyumdan daha ağır olan ama karbondan daha hafif olan lityum ve boron elementlerinin hesaplamalarıyla da uyumluydu. Yapılan hesaplamalar lityum ve boron çekirdeklerinin yıldızlarda değil, Big Bang'den hemen sonra hidrojen helyuma dönüşürken oluşabileceğini gösteriyor. Teorik olarak yapılan lityum ve boronun bolluk oranı hesaplamaları, evrende gözlemlenen oranlarıyla birebir örtüşmektedir.

Şaşırtıcı bir şekilde, her ne kadar atom çekirdeği sentezinin açıklanmış olması Big Bang için bir başarı olsa da karşı görüşte olan Hoyle'un katkıları olmaksızın bu mümkün olmayacaktı. George Gamow da Hoyle'a çok saygı duyuyordu, ve saygısını Şekil 55'te gösterilen "Yaratılış" ayetini yeniden yazarak gösterdi. Gamow'un bu ayeti yeniden yazması aynı zamanda atom çekirdeği sentezinin çok güzel bir özetidir.

Atom çekirdeği sentezini, yıldızların içinde gerçekleşen işlemler olarak açıklama programı, düzinelerce adımdan, sayısız hesaplamalardan ve on yıla yayılmış bir çalışmadan oluşuyordu. Hoyle sürekli bu çalışmanın kalbinde yer alıyordu, ama Willy Fowler'ın deneysel çalışmaları da ona büyük destek veriyordu. Aynı zamanda karı-koca bir ekip olan Margaret ve Geoffrey Burbidge'le de çalışıyordu. Dörtlü, "Yıldızların elementlerinin sentezi" adını taşıyan 104 sayfalık nihai bir makale hazırladılar ve bu makalede yıldızın geçirdiği her safhanın işlevini ve her nükleer tepkimenin sonuçlarını açıkladılar. Bu makalede aşırı cüretkar bir cümle vardı: "Genel olarak, hidrojenden uranyuma tüm elementlerin ve izotoplarının bolluk oranlarının yıl-

Şekil 91: Her şeyin başında Tanrı radyasyonu ve ylem'i yarattı. Ve ylem'in şekli ve sayısı yoktu, nükleonlar da derinliğin içinde delice oynuyordu.

Ve Tanrı dedi ki: "Artık kütle iki olsun." Ve kütle iki oldu. Ve Tanrı döteryumu gördü ve beğendi.

Ve Tanrı dedi ki: "Artık kütle üç olsun." Ve kütle üç oldu. Ve Tanrı tritium'u gördü ve beğendi.

Ve Tanrı uranyum sonrası elementlere gelinceye kadar bütün rakamları yaratmaya başladı. Ancak dönüp esesine baktığı zaman gördüklerini beğenmedi. Saymanın heyecanıla beşi unutmuş, ve bu yüzden de ondan sonra gelen hiçbir rakam yaratılmamıştı.

Tanrı hayak kırıklığına uğramıştı, ve hemen tekrar evreni yeniden büzüp yoğunlaştırmak ve yeniden başlamak istedi. Ama bu çok basit olurdu. Her şeye kadir olduğu için Tanrı hatasını son derece imkânsız bir şekilde düzeltmeye karar verdi.

Ve Tanrı dedi ki: "Artık Hoyle olsun." Ve Hoyle yaratıldı. Ve Tanrı Hoyle'a ağır elementleri canının istediği gibi yapmasını söyledi.

Ve Hoyle ağır elementleri yıldızlarda yapmaya karar verdi, ve onları etrafa süpernova patlamalarıyla saçacaktı. Ama böyle yaparken de Tanrı beşi saymayı unutmasa ylem'den üretilecek olan bolluk oranlarını yakalamak zorundaydı.

Ve böylece, Tanrı'nın yardımıyla Hoyle bu şekilde ağır elementleri yaptı, ama bu o kadar çok karışıktı ki günümüzde ne Hoyle ne Tanrı ne de başka biri, bunun nasıl gerçekleştiğini çözemiyor.

Amin

dızlar ve süpernovalarda gerçekleşen sentezle açıklanabileceğini bulduk.”

Makale o kadar büyük bir ün kazandı ki zamanla yazarlarının baş harfiyle anılmaya başlandı (B²FH makalesi) ve yirminci yüzyıl biliminin en büyük başarılarından biri olarak değerlendirildi. Doğal olarak yazarlarından birine Nobel'i kazandıracağı düşünülüyordu, ama şaşırtıcı bir şekilde Nobel, Hoyle'a değil Fowler'a verildi.

Fred Hoyle'un görmezden gelinmesi, Nobel tarihindeki en büyük adaletsizliklerden biridir. Nobel komitesinin Hoyle'u ödüllendirmemesinin en büyük sebebi, Hoyle'un hiçbir zaman lafını esirgemeyerek çok sayıda düşman elde etmiş olmasıydı. Örneğin 1974 Nobel Fizik Ödülü pulsar yıldızlarının keşfine verildiği zaman büyük bir gürültüyle karşı çıkmıştı. Bu pulsar yıldızlarının keşfinin büyük bir başarı olduğunu kabul ediyordu ama en önemli gözlemleri yapan, genç astronom Jocelyn Bell'in ödüllendirilmemesi onu çıldırtmıştı. Mantıklı strateji, sessiz kalıp tartışmadan uzak durmak olurdu ancak Hoyle için nezaket, dürüstlük ve doğruluktan daha önemli değildi.

Benzer bir şekilde, başını eğip Cambridge'deki işiyle uğraşmak yerine, üniversitenin absürt kurallarıyla uğraşıyordu. Yıllarca sistemle savaştıktan sonra 1972'de Hoyle, istifasını verdi: “Kazanmayı umut edemeyeceğim bir savaş alanında daha fazla kavga vermenin gereğini göremiyorum. Cambridge sistemi, herhangi birinin başka bir ilke gütmesini engellemekte ve üniversitenin önemli kararları yanlış bilgilendirilmiş ve siyasi amaçlı komite üyeleri tarafından alınmaktadır. Bu sistemde etkili olabilmek için, Robespierre casusluk sistemi gibi akademisyenler sürekli meslektaşlarını izlemek zorunda. Elbette bir akademisyen, bu tür şeylere vakit ayırırsa gerçek bilime çok az zaman kalır.”

Her ne kadar Hoyle'un hayata ve fiziğe dobra yaklaşımı onun bazı çevrelerden uzaklaşmasına neden olmuşsa da Amerikalı astronom George O. Abell gibi bilim adamlarının çoğu onu çok severdi: “O mükemmel bir hocaydı. Ay-

nı zamanda son derece sıcak kanlı ve her zaman öğrencileriyle konuşan biri olarak her konuda heyecanını çevresine yayıyordu. Ve gerçekten bir fikir adamı olduğunu kanıtladı; hemen hemen her çeşit konuşma veya durum esnasında aklına bir şeyler gelen bir adamdı... Böyle kimisi yanlış, kimisi yanlış ama çok zekice, kimisi de hem doğru hem de zekice fikir zenginliğiyle bilimsel gelişme sağlar.”

İstifasından sonra Hoyle hayatının kalan otuz yılını gezgin bir astrofizikçi olarak geçirdi, birçok üniversiteyi gezdi ve nihayet Bournemouth kıyısında emekliye ayrıldı. Kraliyet Astronomu Martin Rees’in dediği gibi, bu kadar büyük bir bilim adamı için çok hüzünlü bir son oldu: “akademik dünyadan kendisini izole etmesi muhtemelen kendi bilimi için zararlı olmuştur, onun yokluğu bizim için kesinlikle çok üzücüydü.”

Kurumsal Kozmoloji

Kozmoloji tarihine katkılar sağlayan herkes, araştırmalarını farklı bir şekilde finanse etmiştir. Kopernik, Ermland Piskoposunun doktorluğunu yapmadığı zamanlarda Güneş Sistemini gözlemleyebiliyordu, ve Kepler de Herr Wackher von Wackenfels’in hamiliğinden yararlanmıştı. Avrupa Üniversiteleri Newton ve Galileo gibilerine fildişi kuleler sundu, fakat Lord Rosse gibi bazı araştırmacılar zaten zengindi ve kendi fildişi kulelerini, hatta fildişi rasathanelerini kurabilirlerdi. Kraliyet hamiliği Avrupa’da uzun yıllar çok önemliydi, mesela Kral III. George, Herschel’i desteklemişti. Buna karşın, daha büyük teleskoplar isteyen Amerikalı astronomlar; Andrew Carnegie, John Hooker ve Charles Tyson Yerkes gibi multi-milyoner hayırseverlere koşmuşlardı.

Ancak 1920’ye kadar astronomi tarihinde iş dünyası, gökyüzünün araştırılmasına hiç yatırım yapmamıştı. Bu

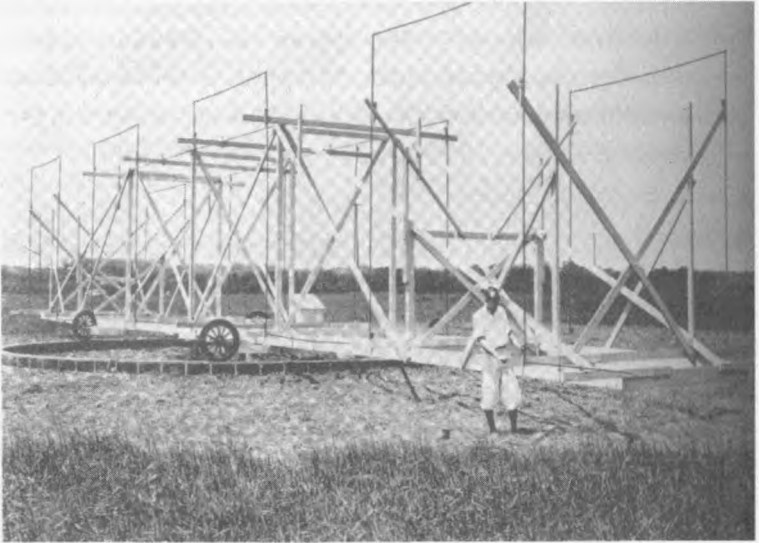
normal bir durum sayılır, sonuçta evrenin yapısını öğrenmek hisse senetlerinin fiyatını arttırmaz. Yine de Amerikalı bir kurum, kozmolojinin gelişmesinin önemli bir parçası olmaya ve devam eden Big Bang-Sabit Evren tartışmasına büyük bir katkıda bulunmaya karar verdi.

Amerikan Telefon ve Telgraf Kurumu (AT&T), Amerika'nın iletişim ağını örerek ve Alexander Graham Bell'in telefon patentini sömürerek ünlendi. Ardından Western Elektrik şirketiyle 1925'te birleşti ve New Jersey, Bell Laboratuvarlarında araştırma birimini kurdu. Bell Laboratuvarları çok hızlı bir şekilde dünya çapında bir araştırma merkezi oldu. Uygulamalı iletişim araştırmalarının yanı sıra Bell Laboratuvarları, fonlarının büyük bir kısmını temel araştırmalara da ayırmıştı. Kurumun felsefesine göre birinci sınıf temel araştırmalar kendi kültürünü inşa eder ve üniversitelerle bağlar kurarak somut ticari kâra dönüştürürdü. Bu kâr bir yana Bell Laboratuvarları on bir bilim adamıyla altı Nobel Fizik ödülünü kazanmanın övüncünü taşıyordu. Bu rekoru da dünyanın sayılı üniversiteleriyle paylaşıyordu. Örneğin, 1937'de Clinton J. Davisson, maddenin dalga özellikleri üzerine yaptığı çalışmalarıyla bu ödülü kazanmıştı; 1947'de Bardeen, Brattain ve Shockley transistörü icat ettikleri için ödüllendirildiler; ve 1998'de Stormer, Laughlin ve Tsui, fraksiyonel kuantum Hall etkisinin açıklamasını keşfettikleri için ödüllendirildiler.

Bell Laboratuvarlarının kozmoloji ile olan ilişkisi, AT&T'nin 1928'de gerçekleştirdiği transatlantik radyo bazlı telefon hizmetine dayanır. Bu radyo bağlantısıyla üç dakikas 75\$'dan (günümüz fiyatlarıyla 1000\$'a tekabül etmektedir) görüşmeler yapılabilirdi. AT&T bu kârlı işi en yüksek kalite hizmet vererek devam ettirmek istiyordu, bu yüzden Bell Laboratuvarlarından, uzun mesafe radyo görüşmelerine parazit yapan doğal radyo dalgası kaynaklarının bulunmasını istedi. Bu parazit yapan radyo dalgası kaynaklarının bulunması görevi Karl Jansky'ye düşmüştü. Karl Jansky, babasının elektrik mühendisliği

bölümünde ders verdiği Wisconsin Üniversitesi Fizik Bölümü'nden mezun olmuş yirmi iki yaşında bir gençti.

Radyo dalgaları, görünebilir ışık dalgaları gibi elektromanyetik spektrumun bir parçasıydı. Ancak radyo dalgaları gözle görünemezler ve dalga boyları çok daha geniştir. Görünebilir ışık dalgalarının dalga boyları milimetrenin binde biriyken radyo dalgalarının boyları birkaç milimetre (mikrodalga), birkaç metre (FM radyosu dalgaları) veya birkaç yüz metre (AM radyosu dalgaları) olabilirdi. AT&T'nin radyo telefonculuğu sinyallerine parazit yapan dalgaların boyu birkaç metre civarındaydı, bu yüzden Jansky, Bell Laboratuvarlarının Holmdel alanında, 14.6 metrelik dalga boyuna kadar hassas olan dev ve çok gelişmiş bir radyo anteni inşa etti. Anten saatte üç kere dönen hareketli bir zemin üzerine inşa edilmişti, böylece her yönden gelen radyo dalgalarını algılayabiliyordu. Jansky



Şekil 92: Karl Jansky radyo dalgalarının doğal kaynaklarını bulmak için yapılmış anten üzerinde düzenlemeler yapıyor. T model Ford tekerlekler antenin dönmesini sağlayan düzeneğin bir parçasıdır.

arkasını döndüğünde çocuklar dünyanın bu en yavaş dönme dolabına bindiği için antene, “Jansky’nin dönme dolabı” lakabı takılmıştı.

1930’un sonbaharında antenin yapımı bitince Jansky, aylar boyunca farklı yerlerden ve farklı kuvvetlerde gelen radyo parazitlerini dinlemeye ve incelemeye koyuldu. Anteni bir hoparlöre bağlamıştı ve böylece parazitleri duyabiliyordu. Yavaş yavaş, parazitlerin üçe ayrıldığını fark etti. Öncelikle civarda gerçekleşen fırtınaların etkisi vardı. İkinci kategoride daha sabit ve uzakta gerçekleşen fırtınaların yarattığı zayıf bir parazit vardı. Üçüncü olarak çok daha zayıf bir parazit vardı. Jansky bu paraziti “kaynağı belli olmayan ve sürekli tıslayan bir parazit çeşidi”, olarak kaydetmişti.

Birçok bilim adamı bu bilinmeyen parazit kaynağını umursamazdı, çünkü diğer iki parazit kaynağıyla karşılaştırıldığında önemsizdi ve transatlantik iletişim ağına bir etkisi yoktu. Ancak Jansky, bu gizemin ne olduğunu çözmek istiyordu ve bu paraziti uzun bir süre daha inceledi. Zamanla bu parazitin göğün belirli bir noktasından geldiğini ve her 24 saatte bir, artış gözlemlendiğini fark etti. Aslında Jansky verilerini daha yakından incelediğinde artışın her 23 saat 56 dakikada yaşandığını fark etti. Neredeyse bir gün ama tam değil.

Jansky bu garip zaman aralığını meslektaşı Melvin Skellet’a anlattı. Skellet’ın astronomi doktorası vardı ve kayıp dört dakikanın ne anlama geldiğini biliyordu. Her yıl Dünya kendi ekseninde 365 _ gün döner ve her gün 24 saattir, yani bir yıl $365 \times 24 = 8766$ saattir. Ancak kendi eksenini üzerinde 365 _ kere dönmesinin yanında, Dünya her yıl bir kere Güneş’in etrafında da döner. Yani her 8766 saatte Dünya 366 _ kere döner, yani Dünya her 23 saat 56 dakikada bir kere döner ve buna astronomide *yıldız günü* denmektedir. Yıldız gününün önemi, tüm evrene göre bir günümüzü belirlemesidir.

Skellet, yıldız gününün süresini ve astronomideki önemini iyi biliyordu, ama bu Jansky için tam bir şoktu ve

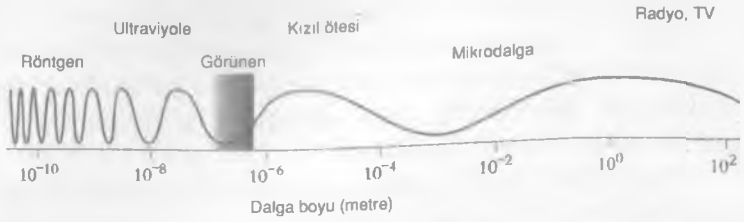
bu yıldız gününün radyo parazitiyle olan bağlantısını çözmeye uğraştı. Bu radyo parazitinin her yıldız gününde bir kere artışı, parazitin dünya dışından bir yerde kaynaklandığı anlamına geliyordu. Gerçekten de Jansky parazitin kaynağını araştırdığında Samanyolu'nun merkezinden geldiğini fark etti. Bu durumun tek açıklaması, galaksimizin radyo sinyalleri ürettiği idi.

Daha 26 yaşındayken Karl Jansky, uzaydan radyo dalgalarını tespit etmiş ilk insandı; bu gerçekten tarihi bir keşifti. Günümüzde Samanyolu galaksisinin merkezinin yoğun manyetik alanları olduğunu ve bunların çok hızlı hareket eden elektronlarla etkileşime girip sürekli radyo dalgaları yaydıklarını biliyoruz. Jansky'nin araştırmaları bu fenomenin kapısını aralamıştı. Elde ettiği sonuçları "Dünya dışı kaynaklardan gelen parazitler" adlı bir makaleyle yayınladı.

Bu hikâye *New York Times*'ın ilgisini çekti ve 5 Mayıs 1933'te ilk sayfasından bu haberi yayınladı, ayrıca okuyucularına şunu da söylüyordu: "Bu galaktik radyo dalgalarının yıldızlar arası bir sinyalleşme veya zeki bir canlı türünün iletişime geçme çabası olduğuna dair elimizde hiçbir veri bulunmamaktadır". Bu uyarı yine de Jansky'ye uzaylılardan sinyaller aldığını söyleyen onlarca mektup gelmesini engellemedi.

Jansky'nin başarısı, Samanyolu'nun radyo dalgaları yaydığının keşfedilmesinin ötesindedir. Başarısı *radyo astronomisi* biliminin temellerini oluşturacaktı, ve astronomların bilinen elektro manyetik dalga boylarının ötesine bakarak evren hakkında daha fazla şey öğrenebileceklerini gösteriyordu. 3. Bölümde değindiğimiz gibi nesneler çok geniş bir dalga boyu skalasında elektro manyetik radyasyon yayarlar. Şekil 56'da gösterildiği gibi bu dalgalar gözle görülebilen ışık dalga boylarından daha kısa veya uzun olabilir.

Her ne kadar biz bu aşırı dalga boylarını gözlerimizle göremesek de onlar gerçekten var. Aynı durum ses için de geçerlidir. Hayvanlar farklı dalga boylarında ses çıkarır-



Şekil 93: Işığın görünen spektrumu, elektromanyetik spektrum denilen daha geniş bir dalga boyu skalasının bir parçasıdır. Gözle görülebilen ışık dahil tüm elektromanyetik ışımlar elektriksel ve manyetik dalgalanmalardan oluşur. Görünen ışık dalga boyları elektromanyetik spektrumun çok dar bir kısmına aittir. Evreni tam olarak araştırabilmek için astronomlar tüm dalga boyu skalasından gelen ışımları yakalamaya çabalarlar.

lar, ama biz insanlar sadece belli bir seviyedeki sesleri duyabiliriz. Fillerin çıkardığı uzun dalga boylu çok alçak frekanslı sesler (infrases) veya yarasaların çıkardığı kısa boylu ultrason dalgalarını duyamayız. Yine de ultrason ve infrasesin varlığını özel aletler vasıtasıyla biliyoruz.

Jansky, zamanın ötesinde bir araştırmacıydı, çünkü onun neslindeki astronomlar radyo teknolojisinden bihaberdi ve onun açtığı yolda ilerlemeye yanaşmadılar. Daha da kötüsü Büyük Buhran yıllarıydı ve Bel Laboratuvarları fonlarını radyo astronomisine bağışlayabilecek bir konumda değildi, bu yüzden Jansky araştırmalarına bir son vermek zorunda kaldı. Ancak zamanı geldiğinde Jansky'nin keşfi, astronomların bilinen ve görülen spektrumun dışında da araştırma yapabilmelerini sağlayacaktı.

Güntümüz astronomları sadece radyo teleskopları değil, kızılötesi teleskoplar, X-ışını teleskopları ve başka ekipmanlar kullanarak tüm elektromanyetik spektrumundaki dalga boylarını inceleyebilmektedir. Bu farklı dalga boylarını gözlemleyerek astronomlar evrenin farklı özellikleri üzerine çalışma yapabilmektedir. Örneğin, X-ışını teleskopları en kısa dalga boyundaki ışınları algıla-

yabilirler ve evrende en çok enerjiye sahip olan olayları inceleyebilirler. Ayrıca kızılötesi teleskoplar kendi Samanyolu galaksimizi gözlemlemek için idealdir çünkü kızılötesi dalgalar, görünebilen ışığı engelleyen galaktik toz ve gaz bulutlarını geçebilmektedir.

Gök nesnelerinden gelen her türlü ışık dalga boyunu incelemek, modern astronominin en önemli kurallarından olmuştur. Görünen ve görünmeyen ışık, evreni araştırmanın tek yolu olduğu için astronomlar, her dalga boyunda var olan her ipucunu incelemek zorundadır.

Ayrıca şunu da söylemek gerekir ki Jansky'nin galaktik radyo emisyonlarını bulması tamamen şans eseri idi, çünkü aslında bu radyo dalgalarını aramıyordu. Bu bilimsel keşiflerin az bilinen ama sık rastlanan bir özelliğinin güzel bir örneğidir: tesadüf⁴. Bu sözcük ilk kez politikacı ve yazar Sir Robert Walpole tarafından 1754'te, bir arkadaşına gönderdiği ve tesadüf eseri bir tanıdığıyla karşılaşmasını anlattığı bir mektupta kullanılmıştı: "Karşılaşmamız tesadüf eseri olmuştu ve anlatacak daha iyi bir şeyim olmadığı için bu sözcüğün tanımını değil nereden geldiğini anlatacağım, böylece ne anlama geldiğini daha iyi anlarsınız. Bir keresinde *Serendipli Üç Prens* adında saçma bir masal okumuştum. Üç prens yolculuklarında kazara sürekli yeni keşifler yapıyorlardı ve keşifler aslında aradıkları şeyler değildi."

Bilim ve teknolojinin tarihi tesadüflerle doludur. Örneğin, George de Mestral İsviçre kırsalında bir yürüyüşe çıkmıştı. Pantolonuna yapışan tohumları incelerken tohumların kancalarının pantolonun kumaşına yapışmasını sağladığını fark etti ve günümüzde kullandığımız cırt cırtları icat etti. Bir başka tesadüf örneğinde de Art Fry adlı mucit bir süper yapışkan icat etmeye uğraşırken birbirlerine yapıştırılmış iki nesnenin kolayca sökülebileceği kadar zayıf bir yapışkan buldu. Kilise korosunun bir üye-

4. İngilizce'deki "serendipity" sözcüğü tesadüf anlamına gelmektedir.

si olan Fry, bu zayıf zamkla ilahi kitabının üzerine kağıtlar yapıştırarak notlar almaya başladı ve post-it böylece doğmuş oldu. Tıbbi tesadüflerin bir örneği de Viagra'dır. Viagra ilk olarak Kalp hastalıkları için geliştirilmişti. Klinik testlerinde başarısız olmasına rağmen hastalar, henüz kullanmadıkları hapları vermeyi reddedince doktorlar ilacın olumlu bir yan etkisi olabileceğinden şüphelenmişlerdi.

Tesadüflerden yararlanmış bilim adamlarının sadece şanslı olduklarını söylemek haksızlık olur. Tüm bu bilim adamları ve mucitler, ancak yeterince bilgi sahibi olduktan sonra bu tesadüfi keşifleri değerlendirebilmişlerdir. Tesadüflerin gücünden yararlanmış olan Louis Pasteur'un dediği gibi: "Şans, hazırlıklı olandan yanadır."

Dahası, tesadüflerden yararlanmak isteyenler, pantolonlarına yapışan tohumları ayıklamak ya da başarısız olmuş süper yapışkanlarını dökmek veya başarısız olan tıbbi deneyleri çöpe atmak yerine, fırsatlar ortaya çıktığında bunu yakalamayı bilmelidirler. Alexander Fleming'in penisilini bulması, pencereden deney kabına düşerek kaptaki bakterileri öldüren bir miktar penisilyum küfü sayesinde olmuştur. Muhtemelen kendisinden önceki mikrobiologların birçoğunun deney kaplarına da aynı küf düşmüştü ama bu bilim adamları, milyonlarca hayatı kurtarabilecek bir icat yapacaklarına, deneylerin başarısız olduğunu düşünüp kapları çöpe boşaltmışlardı. Winston Churchill bir keresinde; "İnsanlar sıklıkla gerçeikle karşılaşır, ama çoğu hiçbir şey olmamış gibi aceleyle hayatlarına devam ederler", demişti.

Radyo astronomisine dönecek olursak tesadüflerin, bu yeni gözlem tekniğinin ortaya çıkmasından fazlasını yaptığını görebiliriz. Gelecek yıllarda tesadüf bu alandaki birçok keşfin gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Örneğin İkinci Dünya Savaşı sırasında, sivil hayatta bir öğretmen olan Stanley Hey, Ordu Operasyonel Araştırma Grubunda bulunuyordu ve İngiliz radar araştırma

BİLİMİN ÖNCÜLERİ

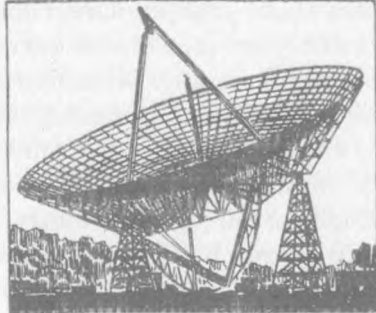
IN FEBRUARY 1942, DURING WORLD WAR II, A DRAMATIC CRISIS AROSE IN BRITAIN RADAR OPERATORS THROUGHOUT THE COUNTRY REPORTED A NEW KIND OF "JAMMING" WHICH PERIODICALLY COMPLETELY DISRUPTED THE BRITISH RADAR DEFENCE SYSTEM.



AN IMMEDIATE INVESTIGATION WAS MADE BY MEMBERS OF THE BRITISH ARMY OPERATIONAL RESEARCH GROUP LED BY J.S. HEY.



HEY'S AMAZING REPORT WAS THAT THE RADAR INTERFERENCE WAS BEING CAUSED, NOT BY THE GERMANS ACROSS THE CHANNEL, BUT BY ELECTROMAGNETIC SIGNALS FROM THE SUN WHICH AT THAT TIME WAS UNDERGOING STRONG SUNSPOT AND SOLAR FLARE ACTIVITY.



THIS WAS ONE OF THE EVENTS WHICH LED TO A COMPLETELY NEW KIND OF ASTRONOMY, **RADIO ASTRONOMY**, IN WHICH SCIENTISTS CAN "LISTEN" TO DISTANT STARS AS WELL AS LOOK AT THEM

Şekil 94: Stanley Hey'in savaş zamanı keşifleri Daily Herald gazetesinin "Bilimin Sınırları" adlı köşesine de konu olmuştu.

- 1) II. Dünya Savaşı sırasında Şubat 1942'de İngiltere'de, önemli bir kriz ortaya çıktı. Bütün ülkedeki radar operatörleri yeni bir parazitte karşılaşmıştı. Bu parazit periyodik olarak İngiliz radar savunma sistemini bozuyordu.

programının bir parçasıydı. Radarın temeli olan radyo dalgalarının gönderilip alınmasının yanı sıra, Hey'den müttefiklerin radar sistemlerindeki önemli bir sorunu da çözmesini istemişlerdi. Radar sistemlerindeki operatörler, bazen monitörlerinin Noel ağacı gibi parladığını ve düşman uçaklarını göremediklerini söylüyordu. Doğal olarak ilk önce Alman mühendislerin, İngiliz radar istasyonlarına radyo dalgaları göndererek yeni bir radar bozma tekniği bulduklarını düşündüler. Hey, Almanların nasıl böyle güçlü radyo sinyalleri gönderebildiğini bulmaya çalışıyordu. Böylece bu sinyallere karşı bir şey geliştirilebilirdi. Fakat 1942 baharında, İngiliz radarlarını etkileyen sorunun Almanlarla hiçbir ilgisi olmadığını fark etti.

Hey, bu radar sinyallerinin gündüz doğudan, öğlen güneyden, akşam da batıdan geldiğini, günbatımından sonra da durduğunu fark etti. Bu radyo sinyallerinin Nazilerin gizli bir silahı olmadığı, Güneş'in yaydığı radyo dalgaları olduğu açıktı. Güneş, on bir yıllık güneş lekeleri döngüsünde, doruk noktasına gelmişti, ve radyo sinyalleri Güneş'teki Güneş lekeleriyle ilgiliydi. Radarları araştırırken Hey, Güneş'in ve diğer tüm yıldızların radyo dalgaları yaydığını keşfetmişti.

Hey'in tesadüflerle arası çok iyi gibiydi, çünkü 1944'te şans yüzüne güldü ve tesadüfen başka bir keşif yaptı. V-2 roketlerinin gelişini görmek için kendisinin yaptığı, dik bir açıyla yerleştirilmiş bir radar kullanırken, atmosferden içeri giren meteorların da radyo sinyalleri yaydığını buldu.

- 2) J. S. Hey başkanlığında İngiliz Ordusu Operasyonel Araştırma Grubu derhal bir tahkikat başlattı.
- 3) Hey'in tahkikatlarının sonucuna göre radar parazitinin sorumlusu Almanlar değil, o dönemde şiddetli Güneş lekeleri safhası yaşayan Güneş'ti.
- 4) Bu olay tamamen yeni bir araştırma alanı olan Radyo Astronomisinin başlangıcı oldu. Radyo astronomisiyle birlikte astronomlar uzak yıldızları dinleme olanağına da kavuştu.

1945'te savaş araştırmaları çılgınlığı sona erdiğinde, etrafta kullanılmayan radyo ekipmanı ve bu ekipmanı kullanmayı bilen bilim adamı birikti. İşte bu nedenle radyo astronomisi ciddi bir araştırma dalı olarak ortaya çıktı. İlk tam zamanlı radyo astronomları Stanley Hey ve savaş zamanında radar araştırmaları yapmış olan Bernard Lovell'dır. Bernard Lovell, eskiden askeriyeeye ait olan mobil bir radar birimini eline geçirmişti ve radyo astronomisi gözlemleri yapıyordu. Bu Lovell için sadece bir başlangıçtı, ardından Manchester'a gidip radyo astronomisi rasathanesi kurdu. Manchester'dan geçen tren ve tramvayların parazit yapması yüzünden şehrin 30 kilometre güneyindeki Jordell Bank'e yerleşmek zorunda kaldı ve burada dünya çapında bir radyo astronomisi rasathanesi inşa etti. Bu sırada, Cambridge Üniversitesinden Martin Ryle, Jordell Bank'teki araştırmaları yakından takip ediyor ve yakalamaya çalışıyordu. Radyo astronomisini Big Bang - Sabit Evren modelleri tartışmasının ortasına sokacak olan da bu Martin Ryle'di.

1939'da Fizik Bölümü'nden mezun olan Ryle, savaş zamanında da radar üzerine çalışmıştı. Telekomunikasyon Araştırmaları Kurumuna tayin edilmiş ve uçak radarları üzerine çalışmıştı. Ardından Hava Kuvvetleri Araştırma Birimine tayin edildi ve V-2 roketlerini etkisiz hale getirecek çalışmalar yaptı. Savaş zamanı en büyük başarısı, Ayışığı Projesi adı verilen çok gizli bir araştırma projesiydi, Alman radarlarında sahte hava ve deniz saldırıları simule edebilmesi olmuştur. Normandiya çıkarmasından hemen önce, Fransa sahillerine sahte iki dev deniz saldırısı sinyali göndererek Alman ordusunun şaşırtılmasına yardım etmiştir.

Savaştan sonra Ryle, eskiden askeriyeeye ait olan ekipmanları toplayarak radyo astronomisi ölçümlerinin daha hassas olmaları için çalıştı. Özellikle optik bir teleskopla karşılaştırıldıklarında, radyo teleskopları, bir sinyalin nereden geldiğini bulmakta hiç de iyi değildirler. Bunun sebebi de radyo dalga boylarının, ışık dalga boylarından da-

ha uzun olmasıdır. Ryle, *interferometri* denilen bir teknik bularak bu sorunu 1946'da giderdi. Bu teknikte birçok radyo teleskobu tarafından alınan sinyaller birleştirilerek genel doğruluk oranları arttırılıyordu.

Ardından, 1948'de Ryle, gökyüzünün detaylı bir araştırmasına koyulup çok az görünen ışık yayan ama bunun yerine yüksek oranda radyo dalgası yayan nesneler olup olmadığını incelemeye başladı. Bu tür nesneler optik teleskoplar tarafından görünemezler, ama belki de radyo teleskoplarıyla görülebilirdiler. Ryle'ın yöntemi, gece hapisten kaçan bir mahkûmu arayan polisin yöntemine benzer. Polis dürbünle ufku istediği kadar tarasın, mahkûm ışık yaymadığı ve etraf karanlık olduğu için bir şey göremez. Ancak bunun yerine, sıcak bir bedenin yaydığı kızılötesi dalgaları yakalayan termal bir dürbün kullanırlarsa, mahkûm hemen ortaya çıkar. Ya da mahkum cep telefonu ile arkadaşlarını arayacak olursa, telefon radyo sinyalleri yayar ve polis de radyo dedektörüyle onun yerini hemen bulabilir. Farklı nesneler farklı dalga boylarında enerji yayarlar, ve bu nesneyi görmek istiyorsanız, doğru dalga boyuna ayarlanmış doğru dedektörü kullanmalısınız.

İlk Cambridge (1C) taraması olarak bilinen Ryle'ın ilk taraması, elli değişik radyo dalgası kaynağı tespit etmişti. Bu gökyüzü cisimleri güçlü radyo sinyalleri yayıyordu ama gözle görünmüyorlardı. Hemen bu nesnelerin ne olduğuna dair sorular sorulmaya başlandı. Ryle bu radyo sinyallerinin kendi Samanyolu galaksimizdeki, yeni bir tür yıldızdan geldiğini söylüyordu, ama Sabit Evren modelinin savunucusu Thomas Gold gibi başkalarıysa bunların bağımsız galaksiler olduğuna inanıyordu. Gold, Cambridge'in radyo astronomisi grubunun başına geçmek istemişti ama Ryle ondan önce davranıp işi kapmıştı, bu yüzden aralarında kişisel bir husumet de vardı.

Ryle, Gold'un söylediklerini dikkate almadı, çünkü Gold gözlemci değil teorisyendi. Gold'un ismini anmadan onun görüşlerini Londra, University Kolejinde yaptığı bir

konuşmada açıkça inkâr ediyordu: “Bence teorisyenler, deneysel verileri yanlış anladılar.” Yani teorisyenler ne hakkında konuştuklarını bilmiyorlar. Konuşması sırasında Hoyle, o salonda bulunuyordu ve Ryle’in ses tonunun, teorisyenleri sanki “aşâğılık ve bayağı bir tür”müş gibi gördüğü izlenimini verdiğini söylüyordu.

Gökyüzündeki bu radyo sinyallerinin kaynaklarının yıldız mı yoksa galaksi mi olduğu sorusu bir sonraki yıl yanıtlanacaktı. Cambridge grubu, Cygnus A adı verilen radyo sinyali kaynağının yerini tam olarak bulmuşlardı ve Mount Palomar’daki Walter Baade, tam o noktaya 5 metrelik teleskobunu doğrultup görünür bir işaret aramaya koyuldu. Baade için görmek inanmak demekti: “Çekilen fotoğrafların negatiflerini incelediğim anda alışılmadık bir şeyler olduğunu anlamıştım. Fotoğrafın her yerinde galaksiler vardı, iki yüzden fazlaydılar, ve en parlâğı da fotoğrafın ortasındaıydı... Bu o kadar çok kafama takılmıştı ki, akşam yemeğı için eve giderken arabayı durdurup düşünmek zorunda kaldım.”

Baade, Ryle’in elde ettiğı radyo sinyali kaynağının o zamana kadar bulunmamış bir galaksiyle aynı noktada olduğunu göstermişti. Bu yüzden radyo sinyallerinin kaynağının bir yıldız değil, bu galaksi olduğu sonucuna varmıştı. Baade, Ryle’in haksız, Gold’un haklı olduğunu kanıtlamıştı. Ryle’in radyo sinyallerinin birinin kesinlikle bir galaksiden geliyor olması, astronomların diğer radyo sinyallerinin kaynaklarının da galaksiler olduğunu bulmasını sağladı. Görünebilen ışıktan çok radyo dalgaları gönderen bu galaksiler *radyo galaksileri* olarak tanındılar.

Gold, Baade’nin ona bir konferansta gelip Cygnus A’nın aslında bir radyo galaksisi olduğunu söylediğı anı çok iyi hatırlıyordu: “Konferans odasına giden geniş holde oyalanıyordum ve Walter Baade de oradaydı. ‘Tommy! Buraya gel! Bak ne bulduk!’ diyerek beni çağırdı. Ardından odaya Ryle girdi ve Baade yine bağırarak onu çağırdı, ‘Martin! Gel buraya! Gel bulduğumuz şu şeye bir bak!’ diye seslendi. Ryle çok sert bir ifadeyle geldi ve fotoğraf-

lara bakmaya başladı, tek kelime etmeden kendisini en yakın koltuğa attı ve yüzünü avuçlarına gömüp ağlamaya başladı.”

Ryle profesyonel ününü tehlikeye atıp 1C taramasında ortaya çıkan radyo sinyallerinin yıldız olduklarını söylemişti ama onu eleştiren Hoyle ve Gold, bu sinyallerin galaksilerden kaynaklandığını söylüyordu. Aralarındaki savaş çok kızışmıştı, bu yüzden Ryle, Hoyle ve Gold'un en başından beri haklı olduğunu itiraf etmek zorunda kalınca yıkılmıştı.

Utanç içinde ve aşağılanmış olan Ryle, Sabit Evren modelinin karşısında ve Big Bang modelini savunan bir kanıt bulabilirse Hoyle ve Gold'dan intikam alabileceğini düşünüyordu. Ryle, özellikle genç galaksilerin dağılımını ölçmek istiyordu. Bu genç galaksilerin dağılımının önemi daha önce Tablo 4'te açıklanmıştı. İki farklı model, genç galaksilerin çok farklı bir şekilde dağılımının olacağını söylüyordu.

- 1) Big Bang modeli, genç galaksilerin evrenin sadece ilk zamanlarında var olabileceklerini, çünkü evren yaşlandıkça galaksilerin de yaşlanıp olgunlaşacağını söylüyordu. Yine de evrenin en uzak köşelerinden ulaşan ışık çok uzun zaman öncesinden geldiği için yine de bu galaksileri buralarda görebilmeliyiz.
- 2) Sabit Evren modeli genç galaksilerin çok daha eşit bir şekilde dağılması gerektiğini söylüyordu. Sabit bir Evren modelinde genç galaksiler evrenin her yerinde sürekli doğuyor olmalı. Bu yüzden genç galaksileri hem uzağımızda hem de yakınımızda görmeliyiz.

Astronomlar, radyo galaksilerinin genel anlamda ortalama bir galaksiden daha genç olduklarını düşünüyordu. Bu yüzden, eğer Big Bang modeli doğruysa radyo galaksileri Samanyolu'ndan çok uzaklarda var olmalıydı.

Şekil 95: Bu şiir George Gamow tarafından yazılmıştı ve *Bay Tompkins Harikalar Diyarında* adlı kitabında yayınlanmıştı. Martin Ryle'ın radyo galaksileri araştırmasını ve Fred Hoyle'un tepkisini anlatıyordu.

Sabit Evren'in Modası Geçti

"Yıllarca uğraştın,"
dedi Ryle, Hoyle'a
"Ancak boşuna,
Geçti modası Sabit Evren'in
Yanılmıyorsa beni gözlerim.

Teleskobum umudunu yok etti,
Çabaların boşuna
Açık olmalıyım
Evrenimiz
Gün geçtikçe genişliyor!"

Hoyle dedi ki, "Sen inan
Lemaitre'ye
Ve Gamow'a,
Katıl onların çetesine

Gör bak dostum,
Yoktur evrenin bir sonu,
Başı olmadığı gibi
Bondi, Gold ve ben
Bunu hep söyleriz"

"Hiç de bile" dedi Ryle
ve sinirden köpürdü,
"Uzak galaksiler,
senin de gördüğün gibi
Hep birbirlerine yakın!"

"Beni deli ediyorsun!"
diye bağırdı Hoyle,
Tekrarladı sözlerini,
"Her gün yeni maddeler doğuyor,
Evren hiç değişmiyor!"

"Bırak bu işleri Hoyle!
yanıldığını göstericem sana,
ve birazdan da
Gelicek aklın başına!"

Eğer sabit evren modeli doğruysa hem uzakta hem yakında, her yerde onlara rastlanılabilmeliydi. Bu yüzden radyo galaksilerinin dağılımını ölçmek, hangi modelin doğru olduğunu bulmak için kesin bir test olabilir.

Ryle, bu testi gerçekleştirirken içinden Sabit Evren modeline karşı ve Big Bang modelini destekleyen sonuçların çıkmasını istiyordu. 1C taramasını takiben 2C, 3C ve 4C adında bir dizi tarama gerçekleştirdi. Bu arada Mullard Rasathanesi'ni inşa ederek Cambridge Üniversitesi'nde, dünya standartlarında bir radyo astronomisi merkezi oluşturdu. Radyo dalgaları bulutlardan etkilenmediği için, optik astronomiye oranla kötü hava koşullarından daha az etkileniyordu. Bu yüzden, Cambridge'deki radyo teleskopları, İngiltere'nin kötü hava şartlarında bile dünyanın herhangi bir yerindeymiş gibi iyi çalışabiliyordu.

1961'e gelindiğinde Ryle beş bin radyo galaksisini kataloglamıştı ve konumlarını saptamıştı. Her radyo galaksisinin tam olarak ne kadar uzakta olduğunu ölçemiyordu, ama karmaşık bir istatistiki argüman öne sürerek, dağılımlarının Sabit Evren mi yoksa Big Bang modeliyle mi daha uyumlu olduğunu görebiliyordu. Sonuç çok açıktı: radyo galaksileri, tıpkı Big Bang modelinin tahmin ettiği gibi uzayın çok uzak mesafelerinde daha yoğun bir şekilde bulunuyordu. Ryle, elde ettiği sonuçları Sydney'de, güney yarımküre üzerinde benzer bir araştırma yapan başka bir rasathanenin elde ettiği sonuçlarla kıyasladı. Her iki sonuç da Big Bang modelini destekliyordu.

On sene önce Baade, radyo sinyali kaynaklarının çoğunun galaksi olduğunu, Ryle'ın yanıldığını, Gold ve Hoyle'un haklı olduğunu kanıtlamıştı. Sonunda Ryle, intikamını alabilmişti. Elde ettiği sonuçları açıklamak için Londra'da bir basın toplantısı düzenledi ve Hoyle'u da davet etti. Yapacağı duyurunun etkisini arttırmak için, Hoyle'a ne söyleyeceğinin bir uyarısını da yapmadı. Böylece bu basın toplantısı Hoyle için tam bir aşağılama oldu, çünkü daveti yanlış algılayıp tamamen zıt anlama gelecek sonuçların açıklanacağını bekliyordu. Hoyle olanları şöyle

anlatıyordu: “Gerçekten de sonuçlar tahmin ettiğimin aksine olsaydı, Ryle beni tuzağa düşürmüş olacaktı. Bu yüzden Ryle’ın Sabit Evren modelini destekleyen sonuçlar açıklayacağını düşünüyordum... Duyduklarıma inanamıyordum ve her geçen dakika Ryle’ın bana tuzak kurmuş olduğunu gördüm.”

Ryle’ın gözlemleri açık bir şekilde Big Bang modelini, evrenin sonlu bir geçmişi ve bir yaratılış anı olduğunu destekliyordu. Birkaç saat içinde gazeteciler “İncil haklıymış!” diye bağıırıyordu. Hoyle, bir yerlere saklanıp Ryle’ın verilerini incelemek, önemli bir hata olup olmadığını bulmak istiyordu, ama ne basın ne de halk onu ve ailesini rahat bırakmıyordu: “Sonraki hafta, çocuklarım okulda sürekli rahatsız edildi. Telefon hiç durmadan çaldı. Ben hiç umursamadan, çalmasına göz yumdum, ama eşim çocuklara bir şey olduğundan korkup telefonu açıyor ve arayanları defetmeye çalışıyordu.”

Ryle’ın ölçümlerinin haberini alan Gamow çok sevinmişti ve Big Bang’in bu başarısını yine kendine özgü bir şekilde kutluyordu. Şekil 95’te bulunan, yazdığı şiirle Ryle ve Hoyle arasında devam eden husumeti de betimliyordu.

Sabit Evren grubu, evrenin her yerde aynı olacağını, genç galaksilerin her yerde bulunabileceğini söyleyerek kesin bir tahminde bulunmuş ve kaybetmişti. Ryle’ın gözlemleri bu tahmini doğrulasaydı, Hoyle bu haberi modelinin doğru olduğunu gösteren bir kanıt olarak almakta gecikmezdi. Her ne kadar Sabit Evren modelini yanlışlarsa da Hoyle, Ryle’ın sonuçlarına saygı duymalıydı, ama bunun yerine gözlemlerin toplanmasında ve yorumlanmalarında bir hata aramaya koyuldu.

Hoyle, Ryle’ın 2C ve 3C taramalarındaki ölçümlerin çok farklı olduğunu ve 3C ve 4C arasındaki ölçümlerin de yine değişik olduğunu söyleyerek yapılacak bir başka taramada daha farklı sonuçlar elde edilebileceğini ve bu sonuçların Sabit Evren anlayışını savunabileceğini söyledi. Gold da Hoyle’u savundu ve taramalarda sürekli değişen

sonuçların “Ryle etkisi” olduğunu belirtti. Gold aynı zamanda radyo astronomisinin genç bir araştırma dalı olduğunu ve henüz ona tam olarak güvenilemeyeceğini ifade etti: “Elde edilen gözlemlerin böylesine önemli bir sonuca varmak için yeterince olgun olduğunu düşünmüyorum.”

Ryle, geçmişte hatalar yapıldığını kabul etti, ama 4C taramasının doğru ve güvenilir olduğu konusunda kesin konuşuyor ve gözlemlerin Avustralyalı astronomlar tarafından bağımsız bir şekilde kontrol edildiğini söylüyordu. Hermann Bondi hâlâ Sabit Evren modelini savunup 4C taramasına saldırırken Ryle bir anda hiddetine yenildi. Martin Harwit’in anlattığına göre: “Ryle bir anda kendini kaybetti ve 30 yıllık profesyonel astrofizik hayatımda hiç görmediğim bir şekilde, iki bilim adamı kavga etmeye başladı.”

Her ne kadar Hoyle, Gold ve Bondi; Ryle’in radyo galaksilerinin dağılımı ölçümlerini kabul etmese de birçok kozmolog, Big Bang teorisinin çıkışta olduğunu ve Sabit Evren modelinin pek de eskisi kadar sabit durmadığını görebiliyorlardı. Daha da kötüsü, Ryle’in radyo galaksileri Sabit Evrencilere bir darbe daha indirecekti.

1963’te Hollandalı-Amerikalı astronom Maarten Schmidt, Ryle’in 3C taramasında bulduğu 273 numaralı ve daha çok 3C 273 olarak bilinen kaynağı dinliyordu. O zamanlar radyo sinyali kaynaklarının çoğunun uzak galaksiler olduğu biliniyordu ama 3C 273’ten gelen radyo sinyali o kadar güçlüydü ki Samanyolu içinde bilinmeyen bir yıldız olduğu düşünülüyordu. Dahası 3C 273 fotoğraflarda bir leke değil bir ışık noktası olarak görüldüğü için onun bir galaksi değil de yıldız olduğu kanısı kuvvet kazanıyordu. Schmidt, 3C 273’ün yaydığı ışınların dalga boyunu ölçerek içeriğini öğrenmek istedi. Ancak ilk başta çok şaşırmıştı, çünkü dalga boyları bilinen hiçbir atomla uyuşmuyordu.

Birden, karışıklığa neyin sebep olduğunu anladı. Hidrojenin dalga boyunu alıyordu, ama daha önce hiç görülmediği kadar büyük bir oranda kırmızıya kayma yaşanı-

yordu. Bu olayın gerçekten çok şaşırtıcı olmasının bir diğ-
er sebebi de 3C 273'ün Samanyolu'ndaki bir yıldız oldu-
ğu sanılmasıydı. Samanyolu'ndaki yıldızların hiçbirisi sani-
yede 50 km'den daha hızlı hareket etmiyorlardı ve 3C
273'de görülen kırmızıya kayma, bu hızlarda kesinlikle
olamazdı. Gözlemlenen kırmızıya kayma, 3C 273'ün sani-
yede 48,000 km hızla uzaklaştığını gösteriyordu ki bu hız,
ışık hızının % 16'sıdır. Hubble kanununa göre, 3C 273 göz-
lemlenmiş en uzak nesneydi ve Samanyolu'ndan bir mil-
yar ışık yılı daha uzaktaydı. 3C 273 nesnesi yakın ve orta
parlaklıkta bir yıldız değil, çok uzak ve inanılmaz parlak-
lıkta bir galaksiydi. O zamana kadar bilinen en parlak ga-
laksiden yüzlerce kez daha parlaktı. Ancak parlaklığının
çoğu, görünür düzeydeki ışıkla değil radyo dalgalarıyla
belliydi.

3C 273 bir kuasar olarak bilinmeye başlandı ve kısa
bir süre sonra birçok radyo sinyali kaynağının da çok
uzakta ve parlak kuasarlar olduğu anlaşıldı.

Big Bang ve Sabit Evren tartışmasını yakından ilgi-
lendiren başka bir gizemse kuasarların dağılımıyla ilgili-
di. Her bir kuasar, evrenin en uzak köşelerindeydi. Big
Bang teorisini savunanlar, bunun ne anlama geldiği konu-
sunda kendilerinden emindiler. Big Bang teorisini savu-
nanlar, kuasarların sadece evrenin en uzak köşelerinde
bulunmasının sebebinin, ışıklarının bize milyarlarca yılda
gelmesi olduğunu, yani şu anda kuasarların milyarlarca
yıl önceki hallerini görebildiğimizi, bunun da kuasarların
evrenin çok daha genç bir zamanına ait olduğunu göster-
diğini söylüyorlardı. Belki de evrenin ilk sıcak ve yoğun
hali, bu aşırı parlak kuasarların ortaya çıkmasına imkân
tanımişti. Big Bang modeline göre, evrenin ilk zamanla-
rında yakınlarımızda kuasarlar vardı, ama zamanla bu
kuasarlar, normal galaksilere dönüştükleri için şu anda
onları yakınımızda göremiyoruz.

Ancak kuasarların dağılımı Hoyle, Gold ve Bondi için
sorunluydu çünkü onların Sabit Evren modeline göre, ev-
ren her zaman ve her yerde aynıydı. Eğer kuasarlar, çok

uzaklarda ve geçmişte vardıysa bugün ve yakınlarda da kuasarlar olmalıydı. Sabit Evren modelini savunanlar kuasarların belki de nadir nesneler olduğunu ve Samanyolu'nun yakınlığında bulunmamasının sebebinin şanssızlık olduğunu söyleyerek durumu açıklamaya uğraştılar. Ayrıca kimse kuasarların doğasını ve inanılmaz parlaklıklarının arkasında yatan gücü açıklayamıyordu, bu yüzden Hoyle, Gold ve Bondi bu kadar az tanınan gök cisimleriyle Sabit Evren modelinin yıkılamayacağını iddia ettiler.

Bunlar zayıf bahanelerdi. Sabit Evren modeli inanırlılığını yitiriyordu ve birçok bilim adamı Big Bang teorisine inanmaya başlamıştı. Taraf değiştiren bilim adamlarından biri olan Dennis Sciama, kuasar gözlemlerini şöyle betimliyordu: "Sabit Evren modeline karşı şimdiye kadar bulunan en büyük kanıt." Fikrini değiştirmesi onun için travmatik bir deneyim olmuştu: "Sabit Evren modeline olan inancımı kaybetmem benim için çok üzücüydü. Sabit Evren teorisinin, evrenin büyük mimarının gözden kaçırıldığı büyük bir çekiciliği ve güzelliği vardı. Aslında evren yanlış inşa edilmiş ama sanırım bununla yetinmek zorundayız."

Radyo astronomisi evreni anlamamız için yeni bir pencere açıyordu, yeni gök cisimlerinin keşfedilmesini sağlarken Big Bang modelini savunan yeni kanıtlar ortaya koyuyordu. Maalesef, radyo astronomisinin babası ve ilk radyo teleskobunu ve ilk radyo gözlemlerini yapan Karl Jansky, hayattayken hiç takdir edilmemişti. 1950'de henüz kırk dört yaşındayken hayata gözlerini yummuştu. Ölümünden ancak on yıl sonra radyo astronomisi, astronomi içinde önemli bir disiplin olarak kabul edildi.

Yine de Karl Jansky ölümsüzleştirildi. 1973'te Uluslararası Astronomi Birliği, radyo akımı birimine onun adını vererek astronomiye olan katkılarına saygı gösterdi. Jansky birimi, radyo astronomları tarafından kullanılır ve bir radyo sinyali kaynağının gücünü gösterir. Güçlü bir kuasar 100 jansky gücünde olabilirken zayıf bir radyo sinyali kaynağı, birkaç milijansky gücünde olabilir.

Jansky'nin radyo astronomisi çalışmalarını destekleyen Bell Laboratuvarları, Jansky'nin anısına radyo astronomisi üzerine devam eden bir araştırma programı açtı. Daha da önemlisi Bell Laboratuvarları, radyo astronomisi tarihindeki en ünlü ikiliye ev sahipliği yaptı: hırslı ve konuşkan bir Yahudi mülteci ve Teksas petrol madenlerinden gelen sessiz ve çalışkan bir bilim adamı. İkili, birlikte kozmoloji dünyasını yerinden oynatacak bir buluş yapacaktı.

Penzias ve Wilson'ın Keşfi

Arno Penzias 26 Nisan 1933'te, Gestapo'nun kurulduğu günde, Münih'te yaşayan Yahudi bir ailenin oğlu olarak Dünya'ya gelmişti. Yahudi karışıklığıyla ilk kez dört yaşındayken ve annesiyle birlikte gezerken tanışmıştı: "Çok sevilen en büyük çocuk olduğunuz zaman sürekli hava atmanız gerektiği hissine kapılıyorsunuz. Başkalarının benim Yahudi olduğumu anlamasını sağlayan bir şeyler söyledim, ve bindiğimiz tramvayın içindeki hava birden bire o kadar çok değişti ki annem inip bir sonraki tramvayı beklemek zorunda kaldı. O olaydan sonra başkalarının yanında Yahudi olduğumuz hakkında konuşmamam gerektiğini ve konuşursam ailemi tehlikeye atacağımı fark ettim. Benim için büyük bir şoktu."

Her ne kadar Almanya'da doğmuş olsa da Penzias'ın babası Polonya vatandaşıydı ve bu da ailesi için büyük bir baskı oluşturmuştu. Alman yetkililer, ülkeyi terk etmeyen Polonya vatandaşlarını tutuklamakla tehdit ediyordu, ancak Polonya hükümeti de 1 Kasım 1938'de Yahudi pasaportlarını iptal etmişti, bu yüzden Penzias ailesi hiçbir sınırı geçemiyordu. Nazi katliamından kaçacak bir çareleri yok gibi görünüyordu. Ancak Amerika'da yeni bir kampanya başlatılmıştı ve insanların Almanya'daki Yahudi ailelerle akraba olduğunu söyleyip onları kurtarmaları teşvik ediliyordu. Böylelikle Almanya'daki Yahudi aileler

ülke dışına kaçabileceklerdi. Tutuklanmalarına bir ay kala Penzias ailesine, bir Amerikalının onların çıkış vizelerine sponsor olacağı bildirildi ve 1939 baharında İngiltere'ye kaçtılar. Oradan da buharlı bir gemiye binip New York'a geldiler ve Bronx'ta yeni bir hayat yaşamaya başladılar.

Arno'nun babası Münih'teyken dericilik yapıyordu, ancak şimdi bir apartmanın kapıcısı olmuştu ve kazan dairelerini doldurup çöpleri boşaltıyordu. Arno babasının hayatını kazanmak için nasıl uğraştığını görürken üniversiteye gitmiş insanların daha iyi bir şekilde giyindiklerini ve daha düzenli bir şekilde yemek yediklerini görüyordu. Böyle rahat ve güvenli bir hayatı yakalamak için çok çalıştı, derslerinde başarılı oldu ve sonunda üniversiteyi kazandı.

Penzias'ın asıl tutkusu fizikti ama bir fizikçi olarak yaşamını idame ettiremeyeceğinden korkuyordu, bu yüzden babasına hangi konuda eğitim alması gerektiğini sordu: "Bana fizikçilerin bir mühendisin yapabileceği her şeyi yapabileceklerini düşündüğünü söyledi. Eğer durum böyleyse, para kazanamadıkları takdirde mühendislik yapabilirler demektir. O günlerde fizik okuyanlar en başarılılardı. Ortamlara uyum sağlayamayan, garip, parlak öğrencilerdi. Sanki en parlak öğrenciler estetik sebeplerden ötürü fizik okuyordu."

Lisans eğitimini New York City Üniversitesi'nde tamamlayan Arno Penzias, Columbia Üniversitesi radyo astronomisi dalında doktora eğitimine başladı. Columbia Üniversitesinin Fizik bölümü 1956'ya kadar üç tane Nobel Fizik ödülü kazanmıştı. Penzias'ın süpervizörü Charles Townes'dı ve lazerin mikrodalga eş değeri olan maseri icat ederek Columbia Üniversitesi'nin dördüncü Nobel'ini kazanacaktı. Penzias'ın doktora tezi projesi, maseri kullanarak aşırı hassas bir radyo alıcısı yapmasını gerektiriyordu.

Her ne kadar radyo alıcısı çok iyi çalışsa da, Penzias amacını gerçekleştirememişti. Galaksiler arasında bulu-

nan hidrojen gazı radyo sinyallerini yakalayabilmek istiyordu, ama geliştirdiği alıcıyla bu amacına ulaşamadı. Penzias doktora tezi için “berbat” diyordu, ama belki de sonuçlandırılmamış demek daha doğru olur. Yine de 1961’de doktorasını tamamladı ve Columbia Üniversitesi’ni bırakıp Bell Laboratuvarlarında çalışmaya başladı. Burası genç bir radyo astronomunu işe alacak dünyadaki tek endüstriyel laboratuardı.

Kendi temel araştırmalarını yürütmenin yanında Penzias’tan daha ticari araştırma projelerine de yardım etmesi bekleniyordu. Örneğin Bell Laboratuvarları ilk aktif iletişim uydusu olan Telstar’ı geliştirmişti ve uydu yörüngeye girdikten sonra araştırmacılar, antenlerini uyduya doğru çevirmekte sorun yaşıyorlardı. Genç Penzias, otuz kişilik anten komitesinin önünde ayağa kalktı ve bir radyo galaksisinin bilinen konumunu kullanarak antenlerinin yönünü düzeltebileceklerini, böylece de Telstar’ı bulabileceklerini söyledi. Bu temel bilimlerle ticari araştırmaların kusursuz bir bileşimiydi. Penzias’ın çözümü, Bell Laboratuvarlarının uygulamacı bilim adamlarıyla mühendislerin yanı sıra temel bilimcileri de işe alma politikasının ne kadar yerinde olduğunu gösteriyordu.

İki yıl boyunca Penzias, Bell Laboratuvarlarındaki tek radyo astronomuydu, ama 1963’te Robert Wilson ona katıldı. Genç Teksaslı, kimya mühendisi olan babasının yanında petrol kuyularında gezerken bilime merak sarmıştı. Houston’daki Rice Üniversitesi’nde fizik okumaya gitti. Mezun olduktan sonra da doktora için 1957’de Caltech Üniversitesi’ne gitti. Burada Fred Hoyle’un verdiği bir derse katıldı. Penzias gibi Wilson’ın da doktora tezi radyo astronomisi üzerineydi. Doktora tezini tamamladıktan sonra, yine Penzias gibi akademiyi bırakıp Bell Laboratuvarlarında çalışmaya gitti.

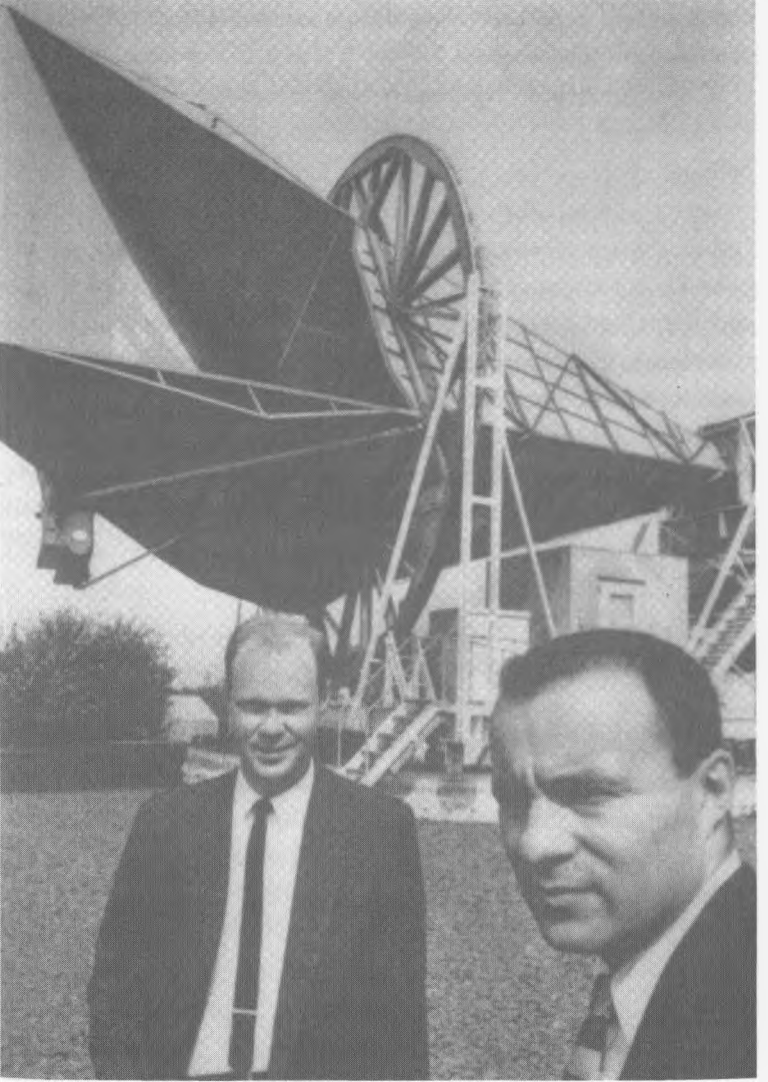
Wilson’ın Bell Laboratuvarlarına gitmesinin bir sebebi de Crawford tepelerinde bulunan 6 metrelik radyo anteniydi. Bu anten ilk başta 1960’da yörüngeye sokulan Echo balon uydusundan gelen sinyalleri almak için yapılmıştı.

Echo uydusu kalkış esnasında 66 santim çapına kadar sıkıştırılmıştı ama uzaya çıktıktan sonra 30 metre çapında dev bir balona dönüştü ve Dünya'dan gelen radyo sinyallerini yine Dünya'daki alıcılara iletebiliyordu. Ancak iletişim sektörünün bu dalına devletin de girmesi, AT&T'nin Echo projesine ayırdığı kaynakları çekmesine neden oldu ve böylece de 6 metrelik radyo alıcısı, bir radyo teleskobuna dönüştürüldü. Bu anten bir radyo teleskobu olmak için son derece idealdi çünkü genel olarak yerel radyo sinyallerinden korunuyordu ve boyutları radyo sinyallerinin nereden geldiğini algılayabilecek kadar büyüktü.

Penzias ve Wilson, çeşitli radyo sinyallerini araştırmak için Bell Laboratuvarlarından izin aldılar, ama araştırmalarına başlamadan önce bu radyo teleskobunun tüm özelliklerini keşfetmeleri gerekiyordu. Özellikle belirli bir sinyalin arasına karışıp sinyali bozabilecek parazitlerin minimum düzeyde olduğunu kontrol etmeleri gerekiyordu.

Bu parazit, radyonuzu açıp belirli bir kanalı dinlemeye çalıştığınızda duyabileceğiniz parazitin aynısıdır. Radyo istasyonunun yayınında bulunan parazit, gürültü yapar. Genellikle bütün sinyallere parazit karışır ama ideal olarak radyo sinyalleri parazitten çok daha güçlüdür. Radyonuzu açtığınız zaman istediğiniz kanalı rahatlıkla dinleyebilirsiniz çünkü radyo istasyonunun sinyalleri parazitten çok daha güçlüdür. Ancak örneğin yabancı bir radyo istasyonunu dinlemek istediğiniz zaman, gelen sinyal, parazite oranla daha zayıftır ve doğru düzgün bir şey dinleyemezsiniz.

Radyo astronomisinde uzak bir galaksiden gelen sinyaller o kadar zayıftır ki parazit karışımı çok önemli bir mesele haline gelir. Parazit seviyesini kontrol etmek için Penzias ve Wilson, radyo teleskoplarını gökyüzünde daha önce hiç radyo galaksisi keşfedilmemiş bir noktaya doğrulttular. Böylece teleskobun algıladığı her şeyin parazit olduğunu, ve parazitin seviyesini öğrenebileceklerdi. Gelen parazitin dikkate değer bir şey olmayacağını



Şekil 96: Robert Wilson ve Arno Penzias Crawford Hill, New Jersey'deki Bell Laboratuvarları anteninin önünde. Bu radyo anteni aslında dev bir radyo alıcısıdır. Çapı 6 metredir ve alıcı ekipmanları huninin ağzındaki evde bulunmaktadır.

umuyorlardı ama hiç beklemedikleri bir oranda gürültü ve parazitlerle karşılaşınca şaşırdılar. Parazit seviyesi onları hayal kırıklığına uğratmış olsa da yapmak istedikleri ölçümleri ciddi bir şekilde engelleyecek kadar büyük değildi. Aslında birçok radyo astronomu bu parazit seviyesini umursamadan taramalarına devam ederdi. Ancak Penzias ve Wilson o güne kadar yapılmış en hassas taramayı gerçekleştirmek istiyorlardı. Bu yüzden, hemen karşılaştıkları gürültünün kaynağını araştırdılar ve mümkünse bu gürültüyü azaltmanın hatta yok etmenin yolunu aradılar.

Parazit kaynakları genellikle ikiye ayrılır. Öncelikle, yakınlardaki bir elektrikli cihaz veya büyük bir şehir gibi, radyo teleskobunun dışında bir yerden gelen, dış kaynaklı parazitler vardır. Penzias ve Wilson teleskobun etrafında gürültü çıkarabilecek bir şeyler aradılar, hatta teleskobu New York'a doğru bile çevirdiler bunlar ama parazit seviyesinde hiçbir değişiklik olmadı. Parazit seviyesinin zaman içindeki değişimini bile araştırdılar ama parazitte yine bir değişiklik olmuyordu. Kısaca, ne zaman nereye çevirilirse çevirilsin sürekli bir parazit vardı.

Bunun üzerine ikili, ikinci tür parazit kaynaklarını araştırdı, teleskobun kendisinden kaynaklanan parazitlerdi. Radyo teleskobu farklı birçok parçadan oluşuyordu ve her bir parça da bu fon gürültüsünün sebebi olabilirdi. Aynı problem evlerde kullandığımız radyolarda da geçerlidir, her ne kadar radyo istasyonunun sinyalleri güçlü olsa da radyonun kendisinden kaynaklanan parazitler olabilir. Penzias ve Wilson, radyo teleskobunun her parçasını kontrol etti. Düzgün bağlandığı bariz olan yerleri bile alüminyum bantla onardılar.

Bir süre sonra dev radyo alıcısının içine yuva yapmış bir çift güvercin gördüler. Güvercinlerin dışkılarındaki beyaz dielektrik maddenin, gürültünün sebebi olabileceğini düşündüler. Bu yüzden güvercinleri yakaladılar, bir posta arabasına koydular ve New Jersey'deki Bell Laboratuvarları kampüsünde serbest bıraktılar. Radyo antenini parla-

yıncaya kadar temizlediler, ama maalesef posta güvercinleri gibi, kuşlar eski evlerine geri döndüler ve antene beyaz dielektrik madde bırakmaya devam ettiler. Penzias, güvercinleri tekrar yakaladı ve istemeye istemeye de olsa bu sefer onlardan kesin bir şekilde kurtulmaları gerektiğini fark etti. “Güvercin besleyen biri, onları bizim yerimize boğmayı teklif etmişti, ama bence kafeslerini açıp ikisini de vurmak yapılacak en insanice şeydi.”

Bir sene boyuca radyo teleskobunu kontrol edip temizleyip bakımını yaptıktan sonra gürültü seviyesinde ufak bir azalma yaşandı. Penzias ve Wilson, kalan gürültünün bir kısmının atmosfer etkisiyle, bir kısmının da radyo teleskobunun dış çeperiyle ilintili olabileceğine karar verdiler ve bu iki sorunu da çözmek için ellerinden gelebilecek bir şey yoktu. Ancak bu iki sorun bile gürültü seviyesini açıklamaya yetmiyordu. Radyo teleskoplarını anlamak ve gürültüyü yok etmek için çok fazla para ve vakit harcamışlardı. Ancak hiç durmayan ve gizemli bir gürültü kaynağı vardı. Bir şey, bir yerlerde, bir şekilde, her yönden sürekli parazit yayıyordu.

İki şaşkın radyo astronomu, farkına varamamıştı ama kozmoloji tarihindeki en önemli keşiflerden birini gerçekleştirmişlerdi. Sürekli devam eden ve her yönden gelen bu gürültü Big Bang’den kalan bir gürültüydü: evrenin ilk genişleme safhâlarından kalan bir ekoydu. Bu rahatsız edici fon gürültüsü Big Bang teorisinin doğru olduğunun en büyük kanıtıydı.

Hatırlayacak olursanız Gamow, Alpher ve Herman, Big Bang’den yaklaşık 300,000 yıl sonra evrenin bir değişim sürecine gireceğini hesaplamışlardı. Bu zamana gelindiğinde evrenin sıcaklığı 3000°C’ya kadar ineceğini ve o zamana kadar serbest bir şekilde gezinen elektronların çekirdeklere yaklaşıp kararlı atomlar oluşturacağını tahmin etmişlerdi. Evreni dolduran ışık seli de artık yüklü elektron veya atom çekirdeklerine çarpmaktan kurtulacaktı çünkü bunlar artık birleşip nötr maddeler haline gelmişti. Tekrar birleşme olarak bilinen bu olaydan sonra, evrende-

ki ilk ışık evrende hiç değişmeden gezinebilmiştir – tabi önemli bir özelliği hariç.

Gamow, Alpher ve Herman, evren zamanla genişlerken, mekân genişlediği için bu ilk ışığın dalga boyunun da genişleyeceğini tahmin etmişlerdi. 300,000 yaşındaki evrende bulunan kozmik sisden kurtulan ışığın dalga boyu yaklaşık olarak milimetrenin binde biriydi. Big Bang teorisine göre ise o zamandan günümüze evren yaklaşık bin kat daha fazla genişlemişti. Bu yüzden o ışık dalgalarının, dalga boyları yaklaşık olarak bir milimetre olmalıydı, böylece de elektromanyetik spektrumun radyo sinyalleri bölgesine giriyordu.

Big Bang sırasında oluşan ışık selinin ekosu radyo dalgalarına dönmüştü ve Penzias ve Wilson'ın radyo teleskobunda parazit yapıyordu. Bu dalgalar, radyo dalgalarının bir alt kümesi olan mikrodalga kategorisindedir, bu yüzden Big Bang'in bu yankısına, kozmik mikrodalga arka plan ışıması (CMB) denmektedir. CMB'nin varlığı veya var olmaması, Sabit Evren ve Big Bang teorileri arasındaki rekabet için son derece önemliydi.

Her ne kadar CMB'nin varlığı 1940'larda tahmin edilmiş olsa da bilim dünyası 1960'lara geldiğinde bu tahmini neredeyse tamamen unutmuştu. Bu yüzden Penzias ve Wilson, radyo gürültüsü ve Big Bang modeli arasında bir bağ kurmakta zorlandılar. Ancak, bu gizemli radyo gürültüsünü ciddiye almaya devam ettiler. Kendi aralarında ve meslektaşlarıyla bu konuyu tartışmaya devam ettiler.

1964'lerin sonuna gelindiğinde Penzias, Montreal'de bir astronomi konferansına katılmıştı ve burada Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden gelen Bernard Burke'e gürültü probleminden bahsetti. Birkaç ay sonra Burke heyecanlı bir şekilde ona telefon etti. Princeton Üniversitesi'ndeki Robert Dicke ve James Peebles'ın yapmakta olduğu çalışmaları anlatan bir makalenin ilk taslağı eline geçmişti. Makale, Princeton ekibinin Big Bang modelini incelediğini ve günümüzde her yere yayılmış bir CMB radyasyonu olması gerektiğini ve bu radyasyonun dalga boyutla-

rının bir milimetre civarında olması gerektiğini anlatıyordu. Dicke ve Peebles; Gamow, Alpher ve Herman'ın on beş sene önce yaptığı araştırmayı tekrar yaptıklarının farkında değildi. Bağımsız ve geç kalmış bir şekilde CMB radyasyonu olması gerektiğini tekrar söylüyorlardı. Ayrıca Dicke ve Peebles, Penzias ve Wilson'ın bu fon radyasyonunu Bell Laboratuvarlarında bulduklarından haberdar değillerdi.

Kısaca, Gamow, Alpher ve Herman 1948'de CMB radyasyonunu tahmin etmişlerdi. Ancak herkes on yıl içinde bu tahmini unutmuştu. Ardından 1964'te Penzias ve Wilson, CMB radyasyonunu buldular ama ne bulduklarını fark edemediler. Aynı zamanlarda Dicke ve Peebles da CMB radyasyonu olması gerektiğini tahmin ettiler ama bu tahminin 1948'de yapılmış olduğunun farkında değillerdi. En sonunda Burke, Penzias'a Dicke ve Peebles'ın tahminini anlattı.

Aniden her şey yerli yerine oturmaya başladı. Sonunda radyo teleskobunu rahatsız eden gürültünün sebebinin ve ne kadar önemli olduğunu anladı. En sonunda hiç kaybolmayan parazitin gizemi çözülmüştü. Parazitin, güvercinlerle, yanlış bağlantı noktalarıyla veya New York'la hiçbir ilgisi yoktu; sadece evrenin yaratılışı ile ilgiliydi.

Penzias, Dicke'e telefon edip Princeton makalesinde anlatılan CMB radyasyonunu bulduğunu söyledi. Dicke, özellikle telefonun geldiği vakit yüzünden şoka uğramıştı. Dicke ve Peebles tahminlerini doğrulamak istiyorlardı. Bunun için de tam o öğle yemeği sırasında bu CMB radyasyonunu bulup değerlendirebilecek bir dedektör inşa etmeyi konuşuyorlardı. Ancak artık böyle bir dedektöre gerek yoktu çünkü Penzias ve Wilson bu ölçümü zaten yapmışlar ve tahminlerini doğrulamışlardı. Dicke, telefonu kapattı, ekibine döndü ve "Beyler, geç kaldık!" dedi. Dicke ve ekibi hiç zaman kaybetmeden, hemen ertesi gün Penzias ve Wilson'ı ziyaret etmeye gittiler. Radyo teleskobunu ve elde edilen verileri inceledikten sonra CMB radyasyonunun bulunduğunu doğruladılar. CMB radyasyonunu

bulma yarışı sona ermişti ve Bell Laboratuvarları Princeton'ı geçmişti.

1965 yazında Penzias ve Wilson elde ettikleri sonuçları *Astrophysical Journal*⁵ adındaki dergide yayınladılar. Mütevazı, 600 kelimelik makaleleri, kişisel bir yorum katmadan ne bulduklarını açıklıyordu. Onların yerine Dicke ve Peebles, aynı dergide kardeş bir makale yayınladılar ve yapılan gözlemlerin CMB radyasyonuna ait olduğunu açıkladılar. Bell Laboratuvarları ikilisinin önceden tahmin edilmiş Big Bang'in ilk dönemlerinden günümüze kalmış bu yankıyı bulduklarını anlattılar. Çok güzel bir ortaklık olmuştu. Dicke'in ekibinin teorisi vardı ama ellerinde hiç veri yoktu, Penzias ve Wilson'ın ise gözlemsel verileri vardı ama teorileri yoktu. Princeton ve Bell Laboratuvarlarının araştırmalarını bir araya getirmek, can sıkıcı bir sorunu muhteşem bir zafere dönüştürmüştü.

Big Bang teorisi açık bir şekilde CMB radyasyonunu ve dalga boyunu tahmin ediyordu. Buna karşın Sabit Evren modelinin böyle bir tahmini olmadığı gibi, mikrodalga ışınlarıyla dolu bir evreni tahayyül bile etmiyordu. Sonuç olarak CMB radyasyonunun bulunması Big Bang teorisinin doğruluğunun kesin kanıtı olarak görülmeye başlandı.

Böylelikle CMB radyasyonunun keşfi, Sabit Evren teorisini de yıkmış oldu. Wilson'ın CMB radyasyonunun Sabit Evren'de de olabileceğini kanıtlamaya çalışması da hüznü bir çalışma oldu, çünkü Sabit Evren modeline her zaman bir yakınlık hissetmişti. "Caltech Üniversitesinde kozmoloji derslerimi Fred Hoyle'dan almıştım ve Sabit Evren teorisini çok sevmiştim. Felsefi olarak hâlâ severim."

Yine de üzüntüsü kısa zaman içinde sevince döndü. NASA astronomu Robert Jastrow, Penzias ve Wilson'ın "500 yıllık modern astronomi tarihindeki en önemli keşif-

lerden birini yaptıklarını” söylüyordu. Harvard’da fizik profesörü olan Edward Purcell de övgüsünde daha da ileri gidip CMB radyasyonunun keşfini: “Dünyada bugüne kadar görülmüş en önemli şey olabilir” diyerek niteliyordu.

Yine de tüm bunların sebebi şanstı. Penzias ve Wilson, tesadüf eseri bu keşfi yapmışlardı. Asıl amaçları standart bir radyo astronomisi taraması yapmaktı, ancak karşılaştıkları en büyük engel, en büyük keşifleri olup çıktı. Otuz yıl önce Karl Jansky, Bell Laboratuvarlarında şanslı bir keşif yapmış ve radyo astronomisini icat etmişti; şimdi şans yine aynı disiplin ve aynı araştırma merkezi için gülüyordu. Bu sefer yapılan keşif daha da önemliydi.

CMB radyasyonu, yeterince hassas bir anteni herhangi bir yere doğrultacak birini bekliyordu, şansa bu kişiler Penzias ve Wilson oldu. Ancak keşiflerinin tesadüfi olması utanılacak bir şey değildi çünkü bu tür keşifler sadece şansla değil; deneyim, bilgi, sabır ve önseziyle olur. 1955’te Fransız Emile La Roux’nun ve Ukraynalı Tigran Shmaonov’un ayrı ayrı CMB radyasyonu ile karşılaştıklarına ama bunu önemsiz bir parazit olarak görmezden geldiklerine dair önemli kanıtlar vardır. Penzias ve Wilson’ın CMB radyasyonunu keşfetmesini sağlayan dayanıklılık ve ısrarcılık onlarda yoktu.

Daha makaleleri yayınlanmadan Penzias ve Wilson’ın başarısının haberleri hızla yayılmıştı. 21 Mayıs 1965’te *New York Times*’ın ilk sayfasından yayınlanınca herkes konudan haberdar oldu. *New York Times* manşetinde: “SİNYALLER BİG BANG EVRENİNİ GÖSTERİYOR”, yazmıştı. Okuyucular bu keşiften çok etkilenmişlerdi, çünkü hem kozmik bir değeri vardı hem de aynı zamanda evcil bir havası vardı. Penzias, bunu şöyle açıklıyordu: “Bu akşam dışarı çıktığınız zaman şapkanızı çıkarırsanız, Big Bang’den kalma bir sıcaklık başınızı ısıtacaktır. Ayrıca çok iyi bir FM radyosu alıp istasyonların arasına geçerseniz, o şş..şş..şş.. sesini duyabilirsiniz. Daha önce bu sesi duymuşsunuzdur. Biraz sakinleştirici bir sestir. Bazen

dalgaların sesine benzer. Dinlediğiniz bu sesin yaklaşık yüzde birinin yarısı Big Bang'den kalmadır.”

New York Times'taki haber, Big Bang teorisinin gayri-resmî bir kabulü oldu. Einstein, Friedmann ve Hubble gibi Big Bang modeline katkıda bulunanlar, kanıtlandığını görebilecek kadar uzun yaşamamışlardı. Big Bang teorsinin kurucularından, tarihteki en büyük kozmolojik tartışmanın sonuçlandığını görecektir kadar yaşayan tek kişi Georges Lemaitre'ydî. CMB radyasyonunun bulunduğu haberini aldığında, Louvain Üniversitesi hastanesinde, geçirdiği bir kalp krizinden sonra iyileşmekteydi. Hayatı boyunca sadık bir rahip ve kendini adanmış bir fizikçi olarak yaşamış olan Lemaitre, bir yıl sonra, yetmiş bir yaşında hayata gözlerini yumacaktı.

Gamow, Alpher ve Herman; CMB radyasyonunun bulunduğu haberini alınca buruk bir şekilde sevinebildiler. Dicke ve Peebles'dan çok önce bu radyasyonu onlar tahmin etmişlerdi, ancak bu öncü çalışmalarına rağmen onlardan bahseden olmamıştı. İsimleri ne *Astrophysical Journal* dergisindeki makalelerde ne de Dicke'in *Scientific American* dergisine sonradan verdiği yazılarda geçmemişti. Gerçekten de Penzias ve Wilson'ın keşfinden sonraki hengamede nerdeyse hiçbir akademik veya popüler makalede Gamow, Alpher ve Herman'ın isimleri geçmemişti.

Onların yerine Dicke ve Peebles'in CMB radyasyonu teorisyenleri olduğu yazılıyordu. Şüphesiz Dicke ve Peebles çok iyi teorisyenlerdi ancak onlar sadece 1948'de çizilmiş bir yolu tekrar yürümüşlerdi. Sorun, Gamow, Alpher ve Herman'ı tanımayan yeni bir neslin artık astronomi ve kozmoloji dünyasında olmasıydı.

Mümkün olan her zaman Gamow, kendi ekibinin Big Bang'in ekosunu daha önce tahmin ettiğini açıklıyordu. Örneğin, Teksas'ta bir astrofizik konferansında CMB radyasyonu tartışılırken Gamow'a, yeni keşfedilen radyasyonun gerçekten de onların tahmin ettiği radyasyon olup olamayacağı sorulmuştu. Gamow, kürsüye çıkıp cevap verdi: “Buralarda bir beş sent kaybetmiştim, ve tam da

kaybettiğim yerde beş sent buldular. Biliyorum tüm paralar birbirine benzer, ama bence bulunan benim paramdı.”

Penzias, CMB radyasyonu tahminlerinin 1948’de yapıldığını öğrenince, Gamow’a bir mektup gönderdi ve daha fazla bilgi istedi. Gamow, geçmişte yaptığı araştırmaların detaylı bir açıklamasını gönderdi ve sonunda: “Görebildiğiniz gibi, Dünya her şeye kadir Dicke’le başlamamıştır.”

Ralph Alpher, kendini daha gözardı edilmiş hissediyordu, çünkü CMB radyasyonunu tahmin eden araştırma programında işin büyük bir kısmını o yapmıştı, ama yine de ismi Gamow’dan bile daha az anılıyordu. CMB radyasyonu tahminini yaptığı sırada çok gençti ve genellikle Gamow’un gölgesinde kalıyordu. Daha da kötüsü makalenin yazarlarının bir şaka olarak Alpher-Bethe-Gamow (Alfa-Beta-Gama) şeklinde yazılması, onun katkılarının daha da az olduğu hissini uyandırıyor.

Bir gazeteci Alpher’e, Penzias ve Wilson’ın onun katkılarını dikkate almamasını nasıl karşıladığını sorunca aklından geçenleri aynen söyledi: “İncindim mi? Evet! Ne hissetmemi bekliyorlardı? Lanet olası radyo teleskobunu görmeye bizi davet etmemeleri bile beni kırmıştı. Alınmak belki çok saçma olabilir, ama alındım.”

Big Bang’in Yaratılışı adlı çalışmalarını anlatan kitaplarında, Alpher ve Gamow daha düşünceli bir tepki koyuyorlardı: “İnsan bilimle iki sebepten ötürü uğraşır: ilk defa bir şeyi anlıyor veya ölçüyor olmanın heyecanı ve bunu yaptıktan sonra meslektaşlarının onu kabul edip tanınması. Bazı meslektaşlarımız, tek önemli şeyin bilimsel ilerleme olduğunu ve kimin neyi yaptığının pek bir önemi olmadığını savunabilir. Yine bu meslektaşlarımızın yaptığı çalışmalar tanındıkça ve prestijli bilimsel akademilere seçildikçe mutlu olmaktan kendilerini alamadıklarını görebilmekteyiz.”

Bu arada Penzias ve Wilson, yaptıkları keşiften on sene sonra Nobel Fizik ödülüyle 1978’de ödüllendirildiler.

Aradaki on senede bilim adamları CMB radyasyonu ölçümelerini geliştirdiler ve tüm özelliklerinin Big Bang teorisyenlerinin iddia ettiği gibi olup olmadığını kontrol ettiler. CMB radyasyonu ve ona bağlı olarak Big Bang doğrudur.

Penzias, ödül törenini, onu Nazi Almanyası'ndan kurtarıp New York'a getiren ailesine teşekkür etmek için bir fırsat olarak gördü: "Aslında, Musevi bir smokin giymek istiyordum, eğer öyle denebilirse ona; terzi mahallesinde dikilmiş bir şey. Annem orada çalıştı, ve tüm bir Musevi nesli orada çalışarak sonraki nesli üniversiteye gönderdi. Princeton'dan veya havalı bir New York mağazasından bir smokin almak istemiyordum. Bu smokinin saçma bir kostüm olmamasını, beni göstermesini istiyordum."

Nobel konuşmasını aynı zamanda Gamow, Alpher ve Herman'ın katkılarını anlatmak için de bir fırsat olarak gördü. Penzias, Big Bang modelinin tarihi gelişimini ve kanıtlanmasının bir özetini sundu. Bu özet, birkaç hafta önce Alpher'la yaptığı bir konuşma sonrasında hazırlamıştı. Sonunda Alpher fizik dünyasıyla barışmış gibi görünüyordu.

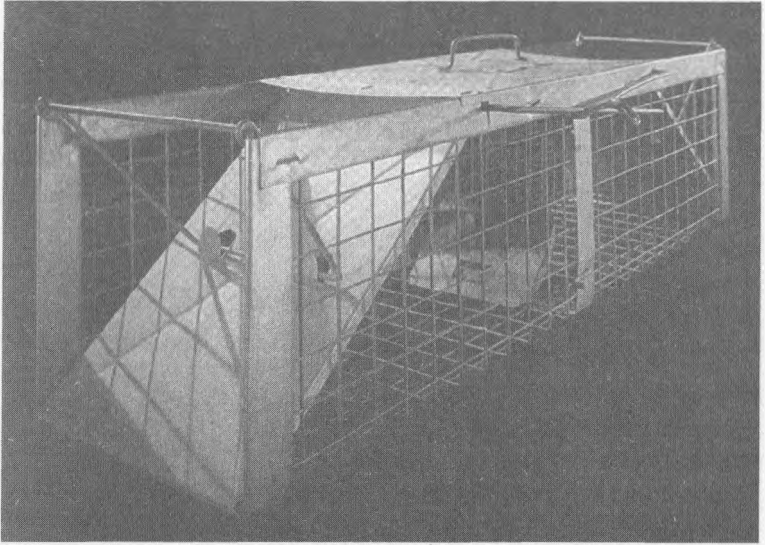
Ancak neredeyse bir ay sonra Alpher, bir kalp krizi geçirdi. Belki de tanınabilmek için verdiği onca kavganın stresi onu etkilemişti. Belki de Nobel'e layık görülmediği için üzülmüştü. Alpher sonunda iyileşti, ama sağlığı hiçbir zaman tam olarak düzelmeyecekti.

Gerekli Kırışıklıkların Serpilmesi

Penzias ve Wilson'a Nobel ödülünün verilmesi, Big Bang modelinin bilim dünyasında geniş kabul görmesi demektir. Zamanı geldiğinde bu yaratılış modeli Smithsonian Ulusal Hava ve Uzay müzesindeki yerini bile alacaktı. Bu teoriyi ve teorinin arkasında yatan gözlemleri gösterebilecek bir sergi objesi bulmak kolay değildi, ama sergi salonu direktörleri ilginç fikirler buldu. Smithsonian Müzesi,

Alpher ve Gamow'un atom çekirdeği sentezi buluşunu kutlarken aldıkları ve sonrasında üzerine *ylem* yazdıkları şarap şişesini sergilemeye karar verdiler. İdeal olarak müze, aslında Bell Laboratuvarlarının altı metrelik radyo teleskobunu da sergilemek istiyordu ama bu hiç de pratik değildi. Bunun yerine Şekil 97'de gösterilen ve Penzias ve Wilson'ın kullandığı güvercin kapanını sergilemeye karar verdiler.

CMB radyasyonunun bulunması, kozmologlara daha da cesaret verdi. CMB radyasyonu var olmakla kalmamıştı, aynı zamanda beklenen dalga boyutundaydı. Big Bang teorisinin genel anlamda doğru olduğunu göstermenin yanı sıra, bilim adamlarının Big Bang'in hemen sonrasında oluşan basınç, sıcaklık ve yoğunluk gibi özelliklerin oluşturduğu evreni doğru bir şekilde anlayabildiklerini göstermişti.



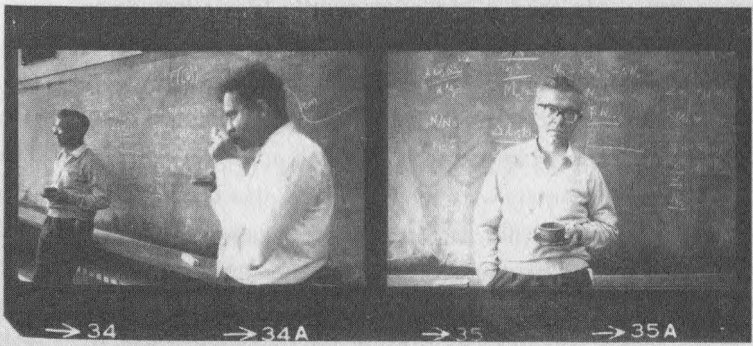
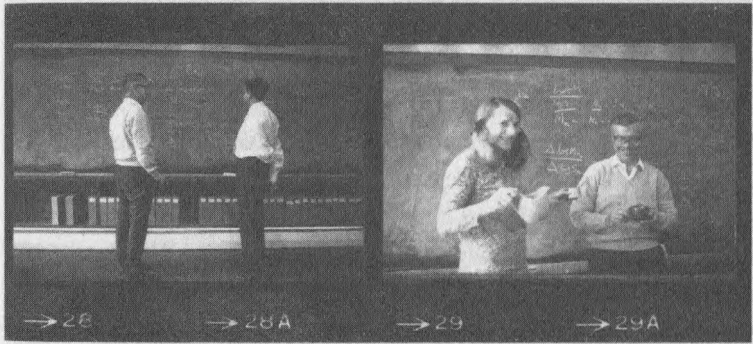
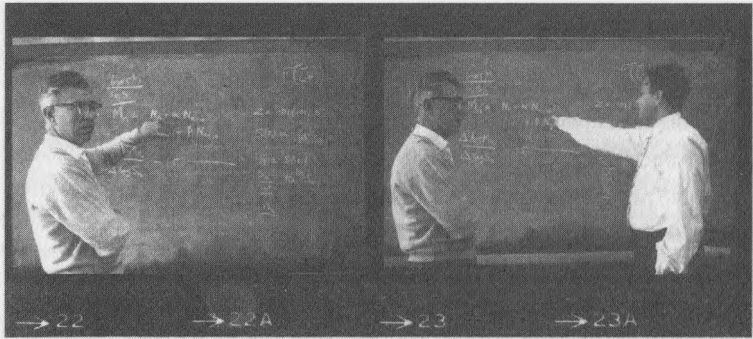
Şekil 97: Bell Laboratuvarlarındaki teleskoba yuva yapan güvercinleri yakalayan tarihi Hav-A-Heart güvercin kapanı. Bu kapan artık Smithsonian Ulusal Hava ve Uzay müzesinde sergilenmektedir.

Bilim adamlarının çoğu için CMB radyasyonunun varlığı, bir yaratılış anının olduğuna ve evrenin genişlediğine dair kesin kanıttı. Yıllar geçtikçe daha çok bilim adamı saf değiştirip Sabit Evren teorisini bırakıp Big Bang modeline geçiyordu. Amerikalı astronomların hangi tarafta durdukları 1959'da, Big Bang ve Sabit Evren teorileri arasındaki tartışma doruk noktasındayken bir anketle araştırılmıştı. Ardından 1980'de, Penzias ve Wilson Nobel ödülünü alınca yeni bir anket yapıldı. 1959'daki sonuçlara göre astronomların %33'ü Big Bang'i, %24'ü Sabit Evren teorisini desteklerken %43 emin değildi. 1980'de yapılan ankete göre astronomların %69'u Big Bang'i desteklerken sadece %2'si, Sabit Evren'i destekliyordu, kalan %29 ise kararsızdı.

Sabit Evren teorisini bırakanlardan biri de, teorinin kurucularından olan Hermann Bondi'di. Bir keresinde "Gerçekten de Big Bang varsa bunun fosillerini bulun." demişti. Artık CMB radyasyonunun mükemmel bir fosil olduğunu kabul etmek ve fikir babalığı yaptığı teoriyi bırakmak zorundaydı. Ancak Thomas Gold inanmaya devam ediyordu: "Gerçekten de Sabit Evren teorisinde yanlış bir şey göremiyorum. Bir şeye inanan insanların sayısı da beni etkilemiyor. Bilim, anketlere göre gelişmez."

Benzer şekilde Hoyle da Big Bang modeli ve ona inananlarla dalga geçmeye devam etti. "Big Bang teorisinin bilim dünyası tarafından bu kadar hızla kabullenmesinin arkasında 'Yaratılış' ayetlerinin ilk sayfası yatmaktadır. En büyük dini fundamentalizmi yaşamaktayız."

Eğer Hoyle insanları inandırıp bu tartışmayı kazanmak istiyorsa Big Bang savunucularına ithamlarda bulunmaktan fazlasını yapmalıydı. Bu nedenle Hoyle; Jayant Narlikar, Chandra Wickramasinghe ve Geoffrey Burbidge gibi meslektaşlarıyla çalışarak orijinal Sabit Evren teorisini en son yapılan astronomi gözlemleriyle uyumlu olması için değiştirdi. Yeni Yarı-Sabit Evren modeline göre evren, uzun genişleme dönemlerinin ardından kısa büzülme dönemleri geçiriyordu. Ayrıca maddenin sürekli



Şekil 98: Fred Hoyle, onunla birlikte Yarı-Sabit Evren modelini geliştiren arkadaşı ve meslektaşı Jayant Narlikar'la birlikte. Kara tahtada teorilerini geliştirirken bir yandan da çay içiyorlar.

olarak yaratıldığını söylemektense yeni model maddenin yoğun patlamalarla yaratılmaya devam ettiğini söylüyordu. Bu değişikliklere rağmen, Yarı-Sabit Evren modeli geniş bir kabul görmedi.

Yine de Hoyle bu modeli savunmaya devam etti: “Ben- ce bu teorinin güçlü hayatta kalma özelliklerinin olduğunu söylememiz gerekir, ve teorilerde aslında aramamız gereken de budur. Teori ve gözlemler ve mutasyonlar ve doğal seçim arasında bir paralellik vardır. Teoriler, mutasyonları belirler; gözlemler de doğal seçimi. Teoriler asla kanıtlanamazlar. Teorilerin yapabilecekleri tek şey, hayatta kalmaktır.” Ancak Sabit Evren modeli ve Yarı-Sabit Evren modeli olan devamı zar zor hayatta kalıyordu. Tarafsız bir gözlemci, bu iki model yok olmak üzereyken Big Bang teorisinin hayatta kalmakla kalmayıp geliştiğini de görebilirdi.

Big Bang teorisi çerçevesinde evren daha anlamlıydı. Örneğin, 1823’te bilim adamları evrenin sonsuz olduğunu var sayıyorlardı. Ancak Alman astronom Wilhelm Olbers, gece gökyüzünün neden yıldız ışığıyla dolu olmadığını sorgulamaya başladı. Ona göre, eğer evren sonsuzsa içinde de sonsuz sayıda yıldız olmalıydı, ve evren sonsuz yaşındaysa yıldızların ışığının bize ulaşmak için sonsuz zamanı vardı. Bu yüzden eğer evren sonsuzsa gece gökyüzü yıldız ışığıyla dolup parlamalıydı.

Bu sonsuz ışığın uzayda bulunmaması, *Olbers paradoksu* olarak bilinir. Gece gökyüzünün yıldız ışığıyla aydınlanmamasının birçok açıklaması vardır, ama belki de en iyisi Big Bang’in açıklamasıdır. Eğer evren sadece birkaç milyar yıl önce yaratılmışsa yıldızların ışığı bize sadece belirli bir hacimdeki yıldızlardan gelebilir çünkü ışık saniyede 300,000 km hızla ilerler ve sonlu bir hızı vardır. Yani sonlu bir yaşı olan evrende, sonlu bir hızla ilerleyen ışık, sonlu bir aydınlık derecesine yol açar ki biz de bunu gözlemlemekteyiz.

Big Bang teorisinin Sabit Evren teorisinden daha iyi olduğunu göstermenin en iyi yolu, Tablo 4’teki kriterlere

tekrar bakmaktır. Tablo 4, bazı kanıtların Sabit Evren modelini, bazılarının da Big Bang'i desteklediği 1950'deki durumu göstermekteydi. Ancak 1950'den sonra elde edilen her kanıt sanki Big Bang'i doğruluyordu. Tablo 6'da bu kriterlerin, Penzias ve Wilson'ın Nobel ödülünü aldığı 1978'deki durumu gösterilmektedir.

Yedi önemli kritere göre ölçülen iki teoriden Big Bang modeli, dört kritere göre kesinlikle daha güçlüydü. Kalan üç kriterden sadece birinde Sabit evren modeli daha güçlüyken bir kriterde iki model de güçlü, son kriterde iki model de zayıftı.

Her iki model için de büyük bir sorun olan yaratılış meselesi bir yana, kozmologlar Big Bang için problematik olan diğer konuya yöneldiler. Big Bang sonrası oluşmuş bir evrende galaksilerin nasıl meydana geleceği belli değildi. Hoyle'un daha önce dediği gibi: "Eğer evrenin genişlemesini açıklayabilecek kadar şiddetli bir patlamayla evrenin başladığını iddia ederseniz, galaksilere benzeyen yoğunlaşmaların asla gerçekleşemeyeceğini kabul etmeniz gerekir." Hoyle, Big Bang'in absürt olduğunu çünkü bu şekilde bir patlamanın maddeyi, evrenin dört bir yanına eşit ve ince bir şekilde dağıtacağını, gözlemleyebildiğimiz galaksi yoğunluklarının ise asla oluşmayacağını belirtiyordu.

Big Bang savunucuları, bu ilk patlamanın maddeyi eşit bir şekilde dağıtacağını kabul etmek zorundaydı. Bu eşit şekilde dağılan madde de kozmik genişlemeyle gidecek daha az yoğunlaşırdı. Big Bang destekçilerinin çözmesi gereken şey basitti, maddenin eşit şekilde dağıldığı evren, nasıl olur da birbirlerinden çok uzaklarda duran devasa galaksilerin yer aldığı bir evrene dönüşebilir?

Big Bang kozmologları, kendilerini evrenin ilk halinin her ne kadar eşit şekilde dağılmış olsa da o kadar eşit olmadığı umuduyla rahatlatmaya çalıştılar. İlk evrenin homojenliğinin ufak bir şekilde kırıldığını düşünmek istiyorlardı. Eğer durum gerçekten böyleyse, yoğunluktaki bu

ufak değişimler, evrenin geçireceği evrimi tetiklemek için yeterli olurdu.

Biraz daha fazla yoğun olan bölgeler yerçekimi kuvvetiyle daha fazla maddeyi kendine çeker ve giderek daha fazla yoğun olurdu, ve bu süreç galaksiler ortaya çıkana kadar devam ederdi. Başka bir deyişle, kozmologlar yoğunlukta ufak değişimler olduğu varsayılsa yerçekimiyle birlikte evrende karmaşık yapılar ve alt yapılar olabileceğini düşünüyorlardı.

Eğer Big Bang modelinin galaksileri oluşturma yöntemi böyleyse, yoğunluktaki ilk dengesizlikler sıra dışı kozmik yığımalara gebe demektir. Günümüzde, evrende yoğunluğu yaklaşık 1g/cm^3 olan; örneğin su gibi birçok nesne vardır. Mesela 1.4 g/cm^3 olan Güneş sudan biraz daha yoğundur; ve Satürn'n yoğunluğu da 0.7 g/cm^3 'tür. Öte yandan evrende neredeyse hiçbir şeyin olmadığı büyük boşluklar da mevcuttur. Sonuç olarak, galaksilerden devasa boşluklara kadar, her şeyi hesaba kattığımız zaman, evrenin ortalama yoğunluğu yaklaşık $0.000000000000000000000000000001\text{ g/cm}^3$ 'tür. Bu da demektir ki özellikle bizim yaşadığımız bölgeler başta olmak üzere evrenin bazı bölgeleri, ortalama yoğunluktan milyonlarca ve milyonlarca kat daha fazla yoğundur.

Big Bang teorisine göre evrenin ilk zamanlarında madde en tutarlı, uyumlu ve dengeli halindeydi; bu neredeyse homojen olan denizdeki çok ufak farklılıklar, bir olaylar zincirini tetikledi ve milyarlarca yıl içinde, yüksek yoğunluktaki galaksiler ve neredeyse hiçbir şeyin olmadığı boşluklardan oluşan bir evren oluştu.

Böyle inanılmaz bir değişimin gerçekleştiğinin somut kanıtlarla desteklenmesi gerekiyordu, aksi halde Big Bang teorisi, Hoyle gibi geriye kalan bira Sabit Evren modeli destekisinin eleştirilerine maruz kalacaktı.

Evrenin ilk zamanlarında oluşabilecek yoğunluk değişimlerine dair ipuçlarının aranabileceği ilk yer CMB radyasyonuydu. Bu radyasyon evrenin tarihinde belirli bir zamanda yayılmıştı, bu yüzden de bir fosil gibi işlev gr-

Tablo 6: Bu tabloda Big Bang ve Sabit Evren modellerinin 1978'deki karşılaştırılmaları gösterilmektedir.

Kriterler	Big Bang Modeli	Başarı
1. Kırmızıya kayma ve genişleyen evren	Yoğun bir halden genişleyen bir evrende bu durum beklenmektedir.	✓
2. Atomların bolluğu	Gamow ve meslektaşları helyum ve hidrojen bolluğunu açıklamıştır, daha ağır atomlar yıldızlarda oluşur.	✓
3. Galaksilerin oluşumu	Big Bang genişlemesi oluşmak üzere olan bebek galaksileri ayırmış olabilir, ancak yine de kimse açıklayamasa da galaksiler oluşmuştur.	x
4. Galaksilerin dağılımı	Galaksilerin dağılımı uzaklıklarına göre değişir, kuasar gibi genç galaksiler sadece uzaklarda bulunur.	✓
5. Kozmik mikrodalga fon (CMB) radyasyonu	Big Bang'den kalma bu fon radyasyonunun varlığı Gamow ve ekibi tarafından tahmin edildi, Penzias ve Wilson tarafından kanıtlandı.	✓
6. Evrenin yaşı	Son yapılan araştırmalar evrenin yaşının içerdiği maddelerden daha yaşlı olduğunu göstermektedir. Bir uyumsuzluk yoktur.	✓
7. Yaratılış	Evrenin yaratılmasını neyin sağladığı bilinmemektedir.	?

Kriterler	Sabit Evren Modeli	Başarı
1. Kırmızıya kayma ve genişleyen evren	Sürekli genişleyen ve arasındaki boşluklarda yeni madde üreten bir evrende bu durum olağandır.	✓
2. Atomların bolluğu	Hafif atomların bolluk seviyesi açıklanamaz, daha ağır atomlar yıldızlarda oluşur.	x
3. Galaksilerin oluşumu	Çok daha uzun bir süre ve ilk başta oluşan bir genişleme olmadığı için galaksiler sürekli oluşup yenilenebilir.	✓
4. Galaksilerin dağılımı	Genç galaksilere evrenin her yerinde rastlanılabilmelidir, ama gözlemler böyle olmadığını göstermektedir.	x
5. Kozmik mikrodalga fon (CMB) radyasyonu	Gözlemlenen CMB radyasyonunu açıklayamaz.	x
6. Evrenin yaşı	20 milyar yaşından daha yaşlı bir şey olduğunu gösteren hiçbir şey yoktur, ama evrenin sonsuz olması gerekir.?	?
7. Yaratılış	Evrende maddenin sürekli olarak üretiliyor olmasının bir açıklaması yoktur.	?

mekteydi. Yaratılış anından yaklaşık 300,000 yıl sonra, atomlar ilk defa bir araya gelirken evrenin ne halde olduğunu bize gösteriyordu. Bu CMB radyasyonunu saptamalarıyla birlikte radyo astronomları aslında evrenin ilk haline bakıyordu. Big Bang modeli evrenin en azından 10 milyar yaşında olduğunu tahmin ediyordu, bu yüzden evrenin 300,000 yaşındaki halini görmek, şimdiki yaşının %0.003'ünü görmek demektir. Daha kolay anlaşılabilir bir benzetme yapmamız gerekirse, evrenin şu anda yetmiş yaşında erişkin bir insan olduğunu farz edersek CMB radyasyonu, evrenin birkaç saatlik bir bebek olduğu zamanları bize gösteriyordu.

Hemen anlaşılmasa da CMB radyasyonunu gözlemlemek zamanda geriye bakmakla eş değerdir; aynı şey, bir astronom çok uzaktaki bir yıldızla baktığı zaman da gerçekleşir. Bir yıldız 100 ışık yılı uzaklıktaysa ışığın bize ulaşması 100 yıl almış demektir, böylelikle yıldızın sadece 100 yıl önceki halini görebiliriz. Benzer bir şekilde, CMB radyasyonu milyarlarca yıl önce salınmışsa ve bize ulaşması milyarlarca yıl almışsa astronomlar bu radyasyonu bulduğu zaman, evrenin milyarlarca yıl önceki halini yani sadece 300,000 yaşındaki halini görüyor demektir.

Eğer bu zamanlarda evrenin yoğunluğunda farklılıklar varsa bu farklılıklar, günümüzde algılayabildiğimiz CMB radyasyonunda belli olmalıdır. Çünkü ortalamanın üzerinde bir yoğunluğu olan bölgeden çıkan CMB radyasyonunda farklılıklar olmalıdır. Böyle bir bölgeden çıkan radyasyon, ortalamanın üzerindeki bölgeden çıkarken biraz daha fazla olan çekim kuvvetini delerek farklılıklar yaşar. Bu bölgeden çıkan radyasyonun dalga boyu, diğer bölgelerden çıkan radyasyona nazaran daha uzun dalga boyuna sahip olmalıdır.

Evrenin farklı yönlerinden gelen CMB radyasyonlarını inceleyen astronomlar, dalga boylarında ufak değişiklikler bulmayı umdular. Belirli bir bölgeden gelen ve normaldeki dalga boyundan daha uzun dalga boyuna sahip CMB radyasyonunun, evrenin ilk halindeki daha yoğun

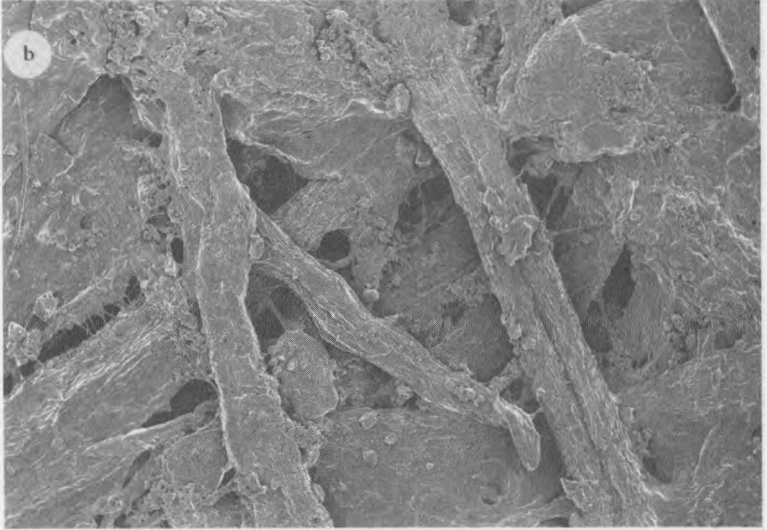
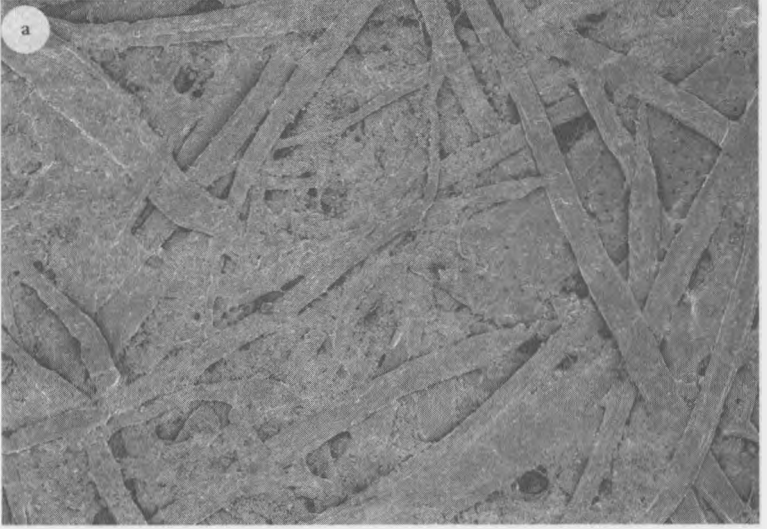
bir bölgeden çıkmış olması beklenirdi. Daha kısa bir dalga boyuna sahip radyasyonun ise daha az yoğun bir bölgeden çıkmış olması gerekirdi. Eğer astronomlar CMB radyasyonunda bu tür dalga boyu değişikliklerini gözlemleyebilirlerse evrenin ilk halinde yoğunluk farklılıkları olduğunu ve bunların da galaksileri oluşturduğunu söyleyebilirlerdi. Böylece Big Bang teorisinin inanılabilirliği artardı.

Penzias ve Wilson, CMB radyasyonun var olduğunu ve beklenen dalga boyunda olduğunu kanıtlamıştı, ama artık astronomlar, bu dalga boyunu daha hassas bir şekilde ölçüyor ve farklı yönlerden gelen CMB radyasyonunun farklı dalga boylarında olduğunu göstermeye çalışıyorlardı. Maalesef, nereden gelirse gelsin CMB radyasyonunun dalga boyu aynı gözüküyordu. Evrenin ilk halinde her yer birbirine çok benzediği için bu dalga boylarının birbirlerine çok benzemesi gerekiyordu, ama dalga boyları birbirlerine çok benzemekten öte tıpatıp aynıydı. Dalga boyunda en ufak bir artış veya azalış gözlemlenememişti.

Sabit Evren modelini savunanlar, bu olumsuz sonuçları bir fırsat olarak gördüler, çünkü günümüzde gözlemlenen CMB radyasyonunda hiçbir dalga boyu farklılığı olmaması, evrenin ilk halinde hiçbir yoğunluk farkı olmadığı anlamına geliyordu. Bu da Big Bang modelinin günümüzde gördüğümüz galaksileri açıklayamıyor olması demekti.

Ancak bilim adamlarının çoğu hiç panik yapmadı. Farklılıkların olduğunu ama kullandıkları teknolojinin bu farklılıkları ölçemeyecek kadar ilkel olduğunu iddia ettiler. Bu aslında mantıklı bir argümandı. Örneğin bu kitabın basılı olduğu kağıt son derece pürüzsüz gözükmektedir ama Şekil 99'da gösterildiği gibi yeterince hassas ekipmanlarla baktığımız zaman yüzeyindeki farklılıklar ortaya çıkar.

1970'lere gelindiğinde, son teknoloji ekipmanlar, CMB radyasyonunun dalga boyunu 1'e 100 boyutlarında inceleyebilecek hassaslığa gelmişti, ama yine de hiçbir farklılık algılanamıyordu. Yine de % 1'den daha ufak seviyede fark-



Şekil 99: Şekil (a)'da olduğu gibi bir kağıdın yüzeyini 250 kat büyütürsek, yüzeydeki farklılıkları görebiliriz. Şekil (b)'deki gibi 1000 kat büyütürsek bu farklılıklar daha da ortaya çıkar.

lılıklar olabilirdi, ama bu farklılıklar Dünya'nın yüzeyinden ölçülemiyordu. En büyük problem CMB radyasyonunun mikrodalga seviyesinde olmasıydı ve atmosferdeki nem çok zayıf da olsa sürekli mikrodalga ışınları yayıyordu ve bu dalgalar CMB radyasyonundaki farklılıkları örtüyor olabilirdi.

Bilim adamları yenilikçi bir çözüm yolu önermekte gecikmediler. Bir CMB radyasyonu dedektörü dizayn edip helyum dolu, Dünya'nın yüzeyinden onlarca kilometre yükseğe çıkabilecek yüksek irtifa balonuna yerleştireceklerdi, böylece nerdeyse hiç atmosferik nem olmayan ve atmosfer kaynaklı hiçbir mikrodalga olmayan bir bölgede ölçüm yapılacaktı.

Ancak balon deneylerini gerçekleştirmek çok zordu. Sadece bölgenin soğukluğu bile kullanılan yapııştırıcıları çatlatıp dedektörü parçalayabilirdi. Ayrıca ekipmanda bir hata olursa astronomlar bunu düzeltmek için hiçbir şey yapamazdı. Ekipmanlar normal bir şekilde çalışsa bile, dedektör balon Dünya'ya geri dönmeden önce sadece birkaç saat çalışabilirdi. En kötüsü, dedektörü taşıyan sepet yere düşüp parçalanabilir veya kaybolabilirdi, böylece yıllarca uğraşılmış ölçümler ve planlar yok olabilirdi.

California Üniversitesi'nden George Smoot, CMB radyasyonundaki farklılıkları bulmayı bir saplantı haline getirmişti. Birçok balon deneyi düzenlese de 1970'lerin ortalarına gelindiğinde hayal kırıklığına uğramıştı. Balon deneyleri düzenli bir şekilde hüsrarla sonuçlanıyor, yere sağlıklı bir şekilde inen balonlardan da CMB radyasyonu seviyesinde farklı bir ölçüm bulunamıyordu. Bunun üzerine Smoot, yeni bir strateji belirledi. Bir uçağın üzerine bir mikrodalga dedektörü yerleştirecek ve daha uzun bir süreyle CMB radyasyonunu inceleyecekti. Kıytırık bir balonla, pahalı deneyler yapmaktan daha güvenilir olacağı kesindi.

Smoot, öncelikle yüksek irtifalarda uzun uçuşlar yapan bir uçak aramaya başladı, bu iki özellik de hassas CMB ölçümleri için önemliydi. Sonunda soğuk savaşta ca-

susluk operasyonları yapan efsanevi Lockheed Martin U-2 uçağının bu iş için ideal olduğunu gördü. Birleşik Devletler Hava Kuvvetlerine resmi bir talepte bulundu ve şaşırtıcı bir şekilde olumlu yanıt aldı. Kozmolojinin en önemli gizemi haline gelmiş bir konuda yapılan bir araştırma projesinin bir parçası olmaktan sevinç duyacaklarını söylediler. Yüksek rütbeli askerler o kadar yardımcı oldular ki Smoot'a U-2'lere monte edebilecek çok gizli bir üst bölmeden bahsettiler. Bu bölmeyle birlikte dedektör, gökyüzünü daha yakından gözlemleyebilcekti. Bu bölmenin asıl amacı, kıtalararası balistik füzelerin atmosfere girişlerini gözlemlemektir.

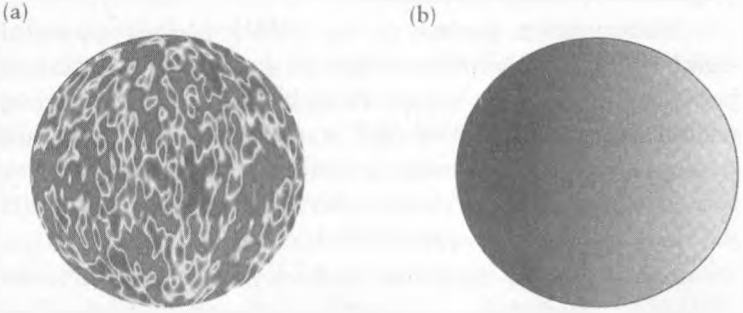
Daha önceki balon deneylerinde daha basit dedektörler kullanılmıştı, çünkü kimse yere çakılabilecek bir balona çok pahalı ekipmanlar koymaya yanaşmamıştı. Artık daha güvenilir bir inceleme platformuna sahip olduğu için Smoot, en son teknolojiyi kullanarak bir CMB dedektörü geliştirdi. İki farklı yönden gelen CMB radyasyonunu daha önce hiç olmadığı kadar hassas bir şekilde ölçebilecek kapasitede bir dedektördü bu.

Deney ekipmanları 1976'da U-2'ye taşındı ve sadece birkaç ay içinde Smoot ve meslektaşları CMB radyasyonunda bir farklılık gözlemlediler. Gökyüzünün bir yarısından gelen radyasyonun dalga boyu, diğer yarısından gelen radyasyonun dalga boyundan binde bir oranında daha uzundu. Önemli bir veri elde edilmişti, ama Smoot'un aradığı veri bu değildi.

Evrenin ilk zamanlarında oluşan farklılıklar çok düzensiz olmalıydı ve bu yüzden gökyüzünde dağınık bölgeler gibi görünmeliydiler. Ancak Smoot, çok sade ve iki parçalı bir değişiklik gözlemlemişti. Gözlemlenen ve gözlemlenmek istenen dalga boyları görüntüsü farkı, Şekil 100'de gösterilmektedir.

Smoot'un bu ölçümlerinin aslında bariz bir açıklaması vardı. Geniş ve yarıkürelilik farklılıklar, Dünya'nın hareketi ve Doppler etkisi yüzünden oluşmuştu. Dünya uzay içinde yol aldıkça dedektör ileri doğru bakıyorsa gelen

CMB radyasyonunu daha kısa, karşı yöne bakıyorsa daha uzun olarak görüyordu. Dalga boylarındaki farkı ölçerek Dünya'nın evrendeki hızı bulunabilirdi. Bu hız, Dünya'nın Güneş'in etrafındaki hızının, Güneş'in Samanyolu içindeki hızının ve Samanyolu'nun evrendeki hızının bir bileşimi idi. Sonuç, 14 Kasım 1977'de *New York Times*'a manşet oldu: GALAKSİNİN EVRENDEKİ HIZI SAATTE BİR MİLYON MİLDEN DAHA FAZLA.



Şekil 100: Bu iki küre, CMB radyasyonunun iki farklı haritasını göstermektedir. Kürelerin merkezinde olan Dünya merkezli bakış açımıza göre uzaya bakıyoruz ve dalga boyundaki değişiklikler küredeki koyulaşan ve açılan renklerle gösteriliyor. Koyu renkler, birazcık daha uzun dalga boyunda radyasyonu, açık renkler de biraz daha kısa dalga boyunda radyasyonu göstermektedir.

Harita (a)'da, bilim adamlarının bulmayı umduğu karmaşık farklılıklar gösterilmektedir. Daha uzun dalga boyunun olduğu bölgelerin, evrenin ilk zamanlarında daha yoğun olduğu ve galaksilerin bu bölgelerden ortaya çıktığını söyleyebiliriz. Bilim adamları CMB radyasyonunun tam olarak nasıl bir şekilde olması gerektiğini kestiremiyorlardı, ama günümüzdeki galaksilerin dağılımını açıklayabilecek kadar karmaşık olması gerektiğinden emindiler. Harita (b) ise çok daha sade bir yapıyı göstermektedir. Kısa dalga boyları bir tarafta, uzun dalga boyları öbür tarafta toplanmıştır. Bu tür farklılıklar, Smoot'un U-2 deneyinde gözlemlenmişti. Big Bang teorisine göre galaksilerin nasıl oluştuğu hakkında bize hiçbir bilgi vermemektedir.

Her ne kadar bu çok büyük bir keşif olsa da, “Galaksileri oluşturan CMB radyasyonundaki farklılıklar nerede?” sorusunu cevaplamıyordu. Doppler etkisinin katkısı çıkarıldığında bile Big Bang farklılıkları gözlemlenemiyordu. Eğer Big Bang modeli doğruysa bu farklılıkların bulunması gerekiyordu, ama kimse bunları bulamıyordu. Smoot’un ekipmanları son derece hassastı, bu yüzden bu farklılıkları bulamaması, farklılıkların binde birden daha az olduğunu gösteriyordu. Bu kadar ufak farklılıklar, havada giden bir deneyle bile bulunamazdı, çünkü hâlâ dedektörün üstünde çok ince bir hava tabakası vardı ve bu çok hassas ölçümleri engellerdi.

Astronomlar yavaş yavaş, CMB radyasyonundaki farklılıkları görmelerinin (eğer bu farklılıklar varsa) tek yolunun, atmosferin dışına çıkıp bir uydudan ölçüm yapmak olduğunu anladılar. Bir uydunun üzerinde yapılan deney, atmosferdeki mikrodalga etkileşiminden korunuyor olurdu, tamamen kararlı olurdu, tüm gökyüzünü tarayabilirdi ve günlerce çalışabilirdi.

Smoot, casus uçağı üzerindeki deneyini hazırlarken bile uydu üzerinden yapılacak bir deneyin, CMB farklılıklarını gözlemlemenin tek yolu olabileceğini düşünüyordu. Bu yüzden, gözü daha yükseklerde olan bir deneyin hazırlıklarına katılmıştı. 1974’te NASA, bilim adamlarından, en yeni Explorer uyduları için fikirler beyan etmelerini istemişti. Bu uydular göreceli olarak daha ucuz olan ve astronomi araştırmalarını desteklemek amacıyla geliştirilen projelerin parçasıydı. George Smoot’un dâhil olduğu Berkeley ekibi, uydu üzerinde bulunan CMB radyasyonu dedektörü teklifinde bulunmuştu ama bu ekip yalnız değildi. California Pasadena’daki Jet Fırlatma Laboratuvarlarından bir grup, benzer bir teklifte bulunmuştu; aynı zamanda NASA’da genç bir astrofizikçi olan yirmi sekiz yaşındaki John Mather da benzer bir amaçla bir proje teklifinde bulunmuştu.

Bu kadar önemli bir deneyi desteklemeyi çok isteyen NASA, üç teklifi bir araya getirdi ve Kozmik Fon Kaşifi

(COBE) adı verilen uydu projesini başlattı. 1976'da deneyin dizayn edilmesine başlandı, bu sırada Smoot hâlâ U-2 casus uçağı deneyiyle uğraşıyordu ve bu projeye çok zaman ayıramıyordu. Ancak COBE hâlâ ön çalışma safhasında olduğu için Smoot'un ortalıkta pek bulunmaması sorun olmuyordu. Mühendis ve bilim adamlarından kurulu ekip, sonraki altı sene boyunca CMB fon radyasyonundaki farklılıkları bulabilecek bir dedektör dizayn etmeye çalıştılar. Bu dedektör aynı zamanda bir uyduya konabilecek kadar küçük ama yine de sağlam olmalıydı.

Son dizayn edilen uydunun içinde üç ayrı dedektör vardı ve her biri CMB radyasyonunun farklı bir özelliğini ölçüyordu. Goddard Uzay ve Uçuş Merkezi'nden Mike Hauser, Dağınık Kızılötesi Fon Deneyi'nden (DIRBE) sorumluydu. John Mather, ikinci dedektör olan Uzak Kızılötesi Mutlak Spektrofotometre (FIRAS) dedektöründen sorumluydu. John Smoot da üçüncü dedektör olan Diferansiyel Mikrodalga Radyometre'den (DMR) sorumluydu, ve CMB radyasyonundaki farklılıkları bulması beklenen asıl dedektör buydu. DMR dedektörü, adından da anlaşılacağı gibi aynı anda iki farklı yerden gelen CMB radyasyonunu algılamak ve bu iki radyasyon arasındaki farkı ölçmek için yapılmıştı.

COBE projesi, teklif edildikten sekiz yıl sonra, 1982'de uygulanma izni aldı. En sonunda uydunun inşası başlayacak ve COBE 1988'de bir uzay mekiğiyle yörüngeye gönderilecekti. Ancak uydunun inşasının dördüncü yılında tüm proje riske girdi. 28 Ocak 1986'da, uzay mekiği *Challenger* kalkıştan kısa bir süre sonra havada patladı ve yedi kişilik mürettebatın hepsi öldü.

"Dona kalmıştım", diyor Smoot. "Hepimiz dona kalmıştık. Astronotlar için üzülyorduk. Bu kaza, çok büyük bir trajediydi, ama yavaşça COBE'ye neler olabileceğini de düşünmeye başladık... Bir uzay mekiğini kaybetmiş ve diğer üçü yeryüzüne geri çağırılmış bir şekilde, NASA'nın takvimi alt üst olmuştu. COBE'nin uzaya fırlatılmasının ne kadar erteleneceği bilinmiyordu."

Astronomlar ve mühendisler, on yılı aşkın bir süredir COBE'yi dizayn ediyor ve inşa ediyordu, ve projenin sonu artık görünmüyordu. Tüm mekik uçuşları askıya alınmıştı. Mekik uçuşlarına devam edilse bile COBE'yi, sıranın sonlarına gönderecek daha öncelikli projeler olduğu kesin-di. Hatta, 1986'nın sonuna gelmeden, NASA resmi olarak COBE projesinin iptal edildiğini açıkladı.

COBE ekibi, uydularını uzaya göndermek için alternatif yollar bulmaya çalıştı ve ellerindeki tek fırlatma aracı eski yapım bir roketti. Bu roketi fırlatabilecek en iyi grup ise European Ariane kurumuydu ama NASA COBE'yi finanse etmişti ve yabancı bir grubun uyduyu fırlatarak tüm şöhret ve övgüyü almasını istemiyordu. COBE ekibinden biri: "Fransızlarla bir iki görüşme yapmıştık ama NASA genel merkezi bunun haberini alınca bize görüşmeleri durdurmamızı emrettiler, ve eğer emirlerine karşı gelirsek bize fiziksel zarar vereceklerini söylediler." diyordu. Doğal olarak Ruslarla konuşmak söz konusu bile değildi.

Roket piyasası genel olarak düşüşteydi, bu yüzden de çok az alternatif vardı. Örneğin COBE ekibi McDonnell-Douglas'la görüştü ancak şirket Delta roketleri üretim bandını durdurmuştu. Sadece birkaç tane yedek roketleri kalmıştı ve bunların hepsi Stratejik Savunma Programı'nın bir parçası olarak silah testlerinde kullanılacaktı. Ancak Delta mühendisleri COBE'nin durumunu öğrenince, roketlerinden birinin, hedef tahtası olmanın dışında bir işlevi olabileceğini düşünüp heyecanlandılar. Hemen yardım etmeyi önerdiler, ama hâlâ aşılması gereken bir sorun vardı.

COBE uydusu yaklaşık 5 ton ağırlığındaydı fakat Delta roketleri en fazla bunun yarısı ağırlıkları taşıyabilirdi. Bu yüzden COBE'nin kilo vermesi gerekiyordu. COBE ekibi, uyduyu en başından dizayn etmek zorunda kaldı; boyutlarını büyük ölçüde azaltıp yıllarca uğraşılmış parçaları feda ediyorlardı. Aynı zamanda uydunun bilimsel ölçüm yapma becerilerinin de sağlam kalması gerekiyor-

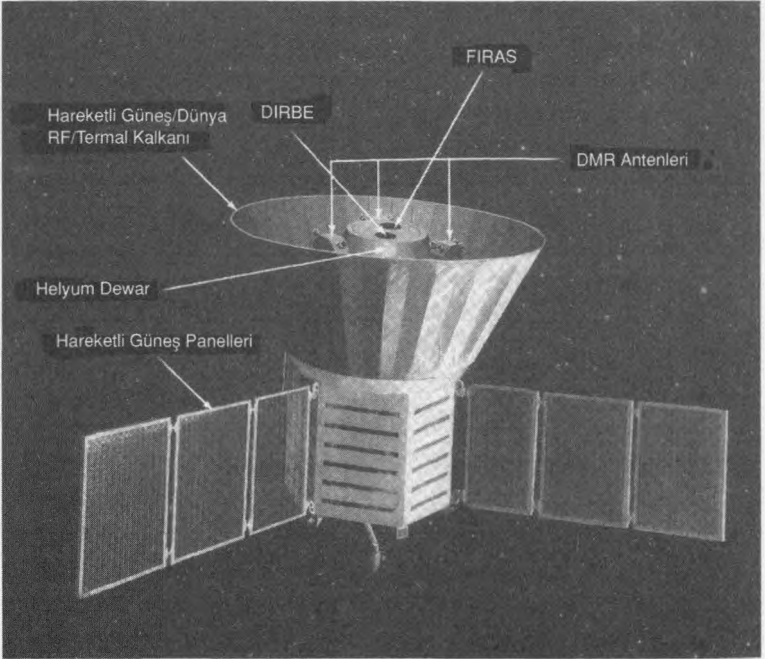
du, CMB radyasyonunu algılayıp Big Bang teorisini test edebilmeliydi. Daha da kötüsü tüm bu yeniden dizayn etme işlemi sadece üç yıl içinde bitmeliydi çünkü 1989'da bir fırlatma şansı vardı ve bu şans kaçırılırsa daha da çok beklemek gerekebilirdi.

Yüzlerce bilim adamı ve mühendis fazla mesai yaparak ve hafta sonları bile çalışarak uzay maceraları tarihindeki en zor ve acele işlerden birini yetiştirmeye çabaladı. En sonunda 18 Kasım 1989'un sabahında COBE uydusu fırlatılmaya hazırды. NASA'ya ilk teklifin verilmesinin üzerinden onbeş yıl geçmişti. Başkaları CMB radyasyonundaki farklılıkları yeryüzünde ve havada ölçmeye çalışmıştı ama CMB radyasyonu tamamen pürüzsüz görünmeye devam etmişti. COBE uydusu ünlü olmak için gecikmemişti.

COBE ekibi, 1948'de CMB radyasyonunu ilk tahmin eden Ralph Alpher ve Robert Herman'ı unutmadılar ve kalkışı izlemeleri için onları, California'daki Vandenberg Hava Kuvvetleri Üssü'ne davet ettiler. İki teorisyenin roketin merdivenlerinden çıkıp roketin ucuna dokunmalarına bile izin verilmişti. Kalkışı izlemek için toplanan yüzlerce insanın arasında Smoot da vardı. Hayatı boyunca yürüttüğü tüm çalışmaların akıbeti, COBE ve Delta roketine bağlıydı. "Daha önceki bir gezide roketi yakından görme şansını elde etmiştim. Ne kadar yıpranmış ve eski olduğunu görünce ne yapacağımı bilemedim. Bazı yerleri paslanmış, bazı yerleri yamanmış, bazı noktalar Glyptal'le onarılmıştı. Profesyonel hayatımızın tüm birikimi o şeyin ucunda duruyordu. Tek bir kelime bile etmedik, sadece sessizce dua ettik."

Geri sayım bittiğinde Delta roketi fırlatma rampasından kalktı. Otuz saniye içinde ses bariyerini geçti, ve on bir dakika içinde COBE, başarılı bir şekilde yörüngeye oturmuştu. Son bir safhanın da sonucunda uydu 900km.lik bir irtifaya çıktı ve kutup bölgesinde yörüngeye girerek dünyanın etrafında günde on dört kez dönmeye başladı.

Dünya'ya gelen ilk verilerden, COBE'nin kusursuz bir şekilde çalıştığı ve tüm dedektörlerin kalkış sarsıntısından zarar görmeden kurtulduğu anlaşıldı. Ancak Smoot ve meslektaşları, görevlerinin asıl amacına dair bir şeyler söyleyemiyordu.



Şekil 101: COBE uydusu 1989'da fırlatılmıştı. İçindeki üç dedektör Güneş'ten ve Dünya'dan gelebilecek ısı ve mikrodalga ışımlarına karşı korunmaktadır. Kalkanın merkezindeki Dewar matarasında likit helyum bulunmaktadır. Bu da uydu parçalarını soğutur ve uydunun kendisinin mikrodalga emisyonunu engeller.

Big Bang modelinin kaderi DMR dedektörüyle yapılacak ölçümlere bağlıydı. İki yönden gelen CMB ışımlarını kıyaslayıp dalga boyu farklılıklarını belirleyebiliyordu. Bu dalga boyu farklılıkları evrenin ilk halindeki yoğunluk farklılıklarının belirtisiydi. Daha yoğun olan bölgeler de günümüzdeki galaksilerin çekirdeğini oluşturuyor olma-
lıydı.

FIRAS ve DIRBE dedektörleri CMB radyasyonunun diğer özelliklerini analiz etmek için yapılmıştı.

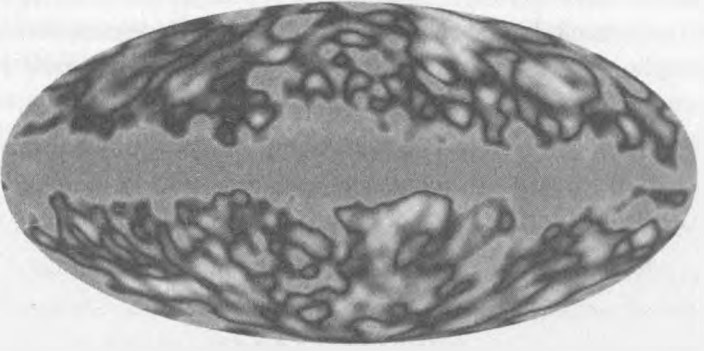
CMB radyasyonundaki farklılıkların olduğunu veya olmadığını kanıtlamak için DMR dedektöründen gelen verilerin uzun süre analiz edilmesi gerekiyordu ve bu verileri toplamak bile uzun vadeli bir işti. Dedektör, 60° açı arayla gökyüzünün iki farklı bölgesinden gelen CMB radyasyonunu karşılaştırabiliyordu, ama tüm gökyüzünden gelen radyasyonu ölçebilmek için uyd,u Dünya'nın etrafında yüzlerce kez dönmeliydi. DMR dedektörü sonunda ilk gökyüzü taraması sonuçlarını Nisan 1990'da verdi.

İlk analiz CMB radyasyonunu 1'e 3000 oranında incelemişti ve hiçbir farklılık bulamamıştı. İkinci analiz 1'e 10,000 oranındaydı ve hâlâ bir farklılık görülemiyordu. Bilim yazarı Marcus Chown, ölçümleri "pürüzsüz donukluk" olarak niteliyordu.

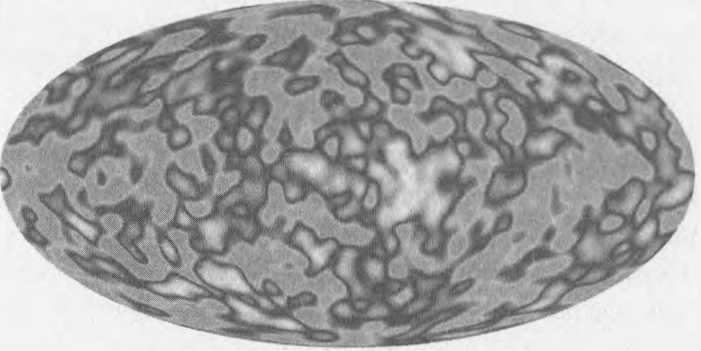
COBE, günümüzdeki galaksilerin oluşmasını sağlayan yoğunluk farklılıklarını bulması için uzaya gönderilmişti. Belki de bu farklılıkları bulmak çok zordu. Belki de bu farklılıklar hiç yoktu. Ancak durum böyleyse Big Bang teorisi galaksilerin oluşumunu açıklayamaz ve çok büyük bir darbe yerdı. Galaksiler olmadan da yıldızlar, gezegenler ve hayat olmazdı. Durum dayanılmaz bir hal alıyordu. John Mather: "Kendi varlığımızı gözden çıkarmış değiliz. Ancak günümüzdeki yapının hiçbir iz bırakmadan nasıl oluştuğu konusunda tamamen hayretler içindeyim." diyordu.

İyimser bilim adamları, daha yakından incelemelerin ve verilerin CMB radyasyonu farklılıklarını ortaya çıkaracağını düşünüyordu. Kötümserler, daha yakından yapılan bir incelemenin CMB radyasyonunun tamamen pürüzsüz olduğunu ve Big Bang modelinin hatalı olduğunu göstereceğinden korkuyordu. Aylar boyunca bu farklılıkların varlığı veya yokluğu üzerine bir açıklama yapılmayınca bilim basınında dedikodular dolaşmaya başladı. Teorisyenler, CMB radyasyonunda farklılıklara ihtiyaç duymayan Big Bang varyasyonları üretmeye başladılar. *Sky & Telescope*⁶ dergisi durumu şu manşetle özetliyordu:

(a)



(b)



Şekil 102: COBE uydusu uzayı inceledikçe CMB radyasyonunun her yönden geldiğini algıladı. Radyasyondaki farklılıklar bir kürenin üzerine çizildi. Sanki COBE uydusu kürenin merkezindeydi ve dışarı doğru bakıyordu. COBE birçok küre şeklinde bir harita çıkardı, bu haritaların ikisi burada iki boyutlu haritalar olarak gösterilmektedir. Bu haritaların orjinalleri renklidir, ama burada siyah-beyaz modelleri gösterilmektedir.

Yukarıdaki harita Samanyolu galaksisindeki yıldızlardan gelen radyasyonla oluşturulmuştur. Bu haritaya “hamburger” lakabı takılmıştı.

Aşağıdaki haritadan Samanyolu galaksisinin katkıları çıkarılmıştır. Evrendeki CMB radyasyonu farklılıkları, burada daha açık bir şekilde görülebilmektedir.

BİG BANG: ÖLDÜ MÜ KALDI MI? Sabit Evren modelini savunanlar cesaretlenip tekrar Big Bang'e saldırmaya başladılar.

COBE ekibinin dışında kimsenin fark etmediği şeyse uzun zamandır beklenen farklılıkların yavaş yavaş ortaya çıkıyor olmasıydı. Ancak farklılıkların belirtileri o kadar kararsız ve geçiciydi ki sır olarak saklanıyordu.

COBE, DMR dedektörü 1990 ve 1991 boyunca daha fazla veri toplamaya devam etti ve gökyüzünün ilk tam haritasını Aralık 1991'de, 70 milyon ölçüm yaparak tamamladı. Sonunda 1'e 100,000 oranında bir farklılık görülmeye başlandı. Yani CMB radyasyonunun değiştiği uç dalga boyu noktası, COBE'nin nereye döndüğüne bağlı olmak üzere % 0.001lerdeydi. CMB radyasyonu çok az farklılıklar gösteriyordu ama bu farklılıklar mevcuttu ve evrenin ilk zamanlarında yoğunluk farkları olduğunu ancak belirtecek kadar büyüktüler.

Bazı COBE bilim adamları verileri hemen yayınlamak istiyordu, ama diğerleri daha dikkatli olmak gerektiğini söylediler. COBE ekibi, elde ettikleri verileri tekrar gözden geçirmeye ve farklılıkların bir hatadan veya verilerin yanlış analiz edilmesinden ortaya çıkmadığından emin olmaya çalıştı. Herkesin dikkatli olmasını ve kendini sorgulamasını sağlamak için Smoot, analizlerde bir hata bulana, Dünya'da istediği herhangi bir yere uçak bileti hediye edeceğini söyledi. Bilim tarihindeki en hassas ölçümlerden birini yaptığının farkındaydı ve kendini gizlemiş bir hatanın sonuçları mahvetmesi çok kolaydı. CMB radyasyonundaki farklılıkları bulmaya çalışmayı "müziğin sonuna kadar açık olduğu, dalgaların sahili dövdüğü, insanların bağırduğu, köpeklerin havladığı bir kumsal partisinde fısıltıları dinlemeye" benzetmişti. Böyle bir durumda yanlış şeyleri dinlemek, hatta duyduğunu sanmak son derece olasıdır.

Nerdeyse üç ay daha analiz edip tartıştıktan sonra, COBE ekibi farklılıkların gerçek olduğundan emin oldular. Sonuçları yayınlamanın zamanı gelmişti. *Astrophysi-*

cal Journal dergisine bir makale verildi ve keşfin Amerikan Fizik Topluluğunun 23 Nisan 1992, Washington toplantısında açıklanmasına karar verildi.

DMR dedektörü yapan ekibin sözcüsü Smoot, kalabalığa sonuçları açıklama şerefini elde etti. Penzias ve Wilson CMB radyasyonunu bulalı, neredeyse çeyrek yüzyıl geçmişti ve sonunda beklenen farklılıklar bulunmuştu. Sonuçlar o ana kadar gizli tutulduğu için konferansı düzenleyenler bile neyin açıklanacağını bilmiyordu. Bu yüzden konuşmasını yapması için ona standart konuşma süresi olan on iki dakika ayrılmıştı ama bilim tarihindeki en önemli keşiflerden birini açıklamak için bu süre yetmişti. Dinleyiciler, büyük bir şaşkınlıkla sunumu dinlediler. Big Bang gerçekten de galaksilerin nasıl ortaya çıktığını açıklayabiliyordu.

Öğle arasında büyük bir basın toplantısı düzenlendi. Basın bildirisinde COBE'nin elde ettiği, mavi, pembe ve kırmızı renkli evren haritaları dağıtıldı. Küre şeklindeki Dünya'nın atlaslarda gösterilişi gibi tüm evren iki boyutlu olarak gösteriliyordu.

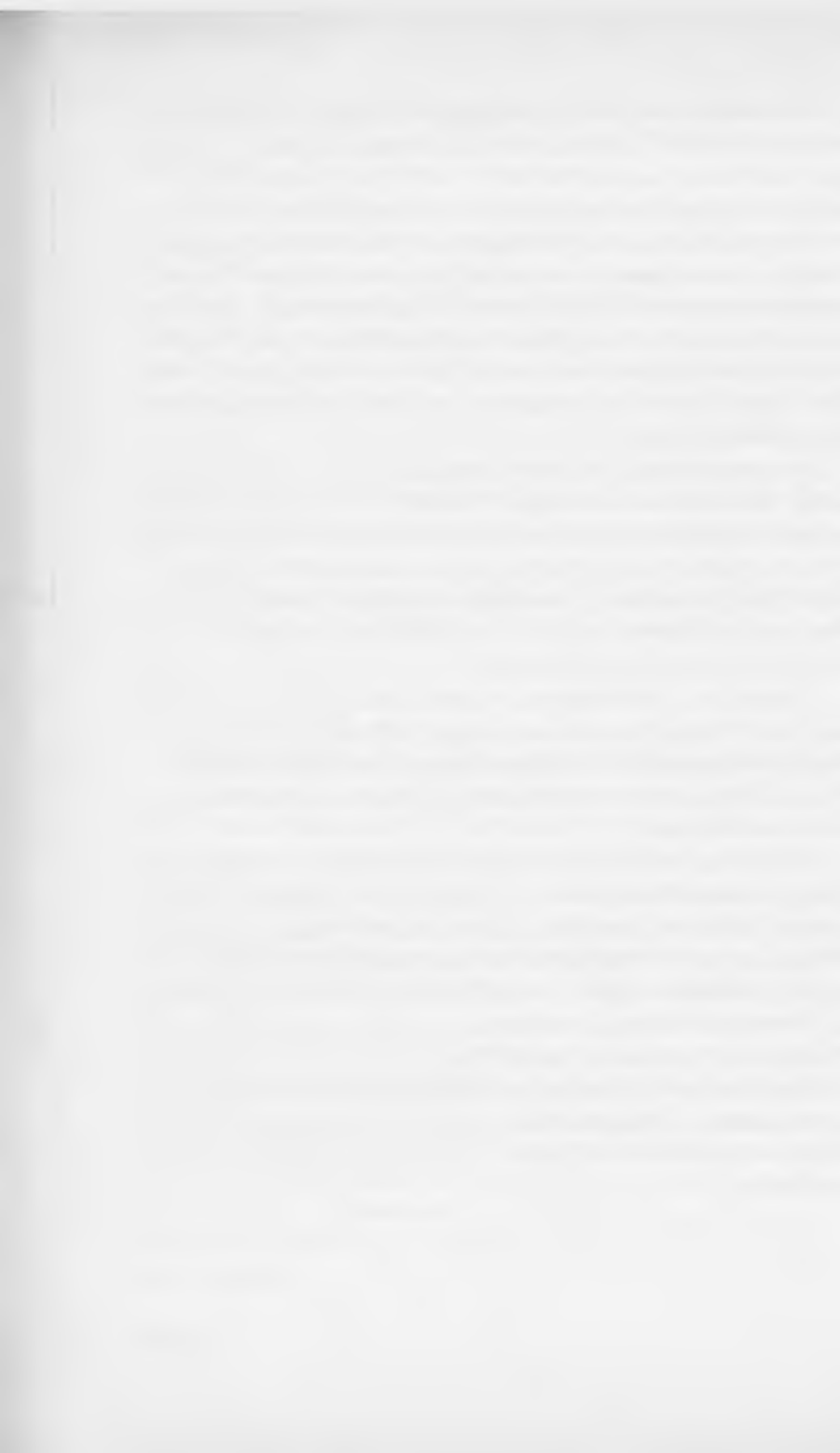
Birçok gazeteci bu şekilleri gördükten sonra her bir noktanın farklı bir CMB varyasyonunu gösterdiğini düşünmüştü. Aslında COBE ölçümleri DMR dedektörünün kendisinin yaydığı rasgele radyasyonlardan çok etkilenmişti, bu yüzden bu haritalarda yüksek seviyede rasgele radyasyon da bulunmaktaydı. Bu radyasyon kirliliği o kadar çoktu ki çıplak gözle hangi noktaların gerçek CMB radyasyonu farklılığı olduğunu söylemek imkânsızdı. Ancak COBE bilim adamları, karmaşık istatistik teknikleri kullanarak CMB radyasyonunda, beklenen düzeylerde farklılıklar olduğunu kanıtlamışlardı. Her ne kadar haritalar biraz yanlış olsa da sonuçlar gerçektir. Gazetecilere verilerin istatistiki analizleri dağıtmak daha doğru olurdu, ancak hiçbir gazeteci bu analizleri anlayamazdı. Sonuçta, yayın yönetmenleri bu büyük haberin yanında yayınlatabilecekleri bir fotoğraf olmasından son derece memnundular.

İstatistiki analizler karmaşık olsa da Smoot'un mesajı basitti. COBE uydusu, evrenin yaratılmasından yaklaşık 300,000 yıl sonra 100,000'e 1 ölçeğinde yoğunluk farklılıkları olduğunu ispatlamıştı. Bu farklılıklar zamanla artmış ve günümüzde gördüğümüz galaksileri doğurmuştu. Bir önceki gece ne söyleyeceğini iyice düşünen Smoot, toplanan gazetecilere "Evrenin ilk zamanlarında var olan en yaşlı ve en büyük yapıları gözlemledik. Bunlar bugün gördüğümüz galaksilerin çekirdeğini oluşturuyordu." dedi. "Eğer dindar bir insansanız, bu Tanrı'nın yüzünü görmek gibi bir şey."

Basının tepkisi, COBE sonuçlarını ilk sayfadan basmak oldu. *Newsweek* dergisi TANRININ ELYAZISI manşetini kullandı. Sözlerinin neden olduğu çalkantıdan biraz rahatsız olan Smoot, yine de pişman olmadığını söylüyordu: "Eğer yorumlarım insanların astronomi ve bilimle ilgilenmesine yol açıyorsa bu, çok güzel. Neyse zaten, olan oldu. Sözlerimi artık geri alamam."

Tanrı'dan bahsedilmesi, çarpıcı fotoğraflar ve COBE keşfinin bilimsel önemi, bu haberin yüzyılın sonundaki en önemli bilimsel haber olmasını garantiledi. Stephen Hawking, "Tüm zamanların değilse bile yüzyılın en büyük keşfi budur." diyordu.

Sonunda Big Bang'i kanıtlama çabası sona ermişti. Birçok fizikçi, astronom ve kozmolog -Einstein, Friedmann, Lemaitre, Hubble, Gamow, Alpher, Baade, Penzias, Wilson ve tüm COBE ekibi ve daha birçoğu- yaratılışın en büyük sorusunu doğru bir şekilde cevaplamayı başarmıştı. Evrenin dinamik, genişleyen ve evrim geçiren bir yapı olduğu ve günümüzde gördüğümüz her şeyin 10 milyar yıldan önce sıcak ve yoğun bir Big Bang'den ortaya çıktığı kanıtlanmıştı. Kozmoloji'de bir devrim yaşanmıştı ve Big Bang teorisi kabul edilmişti. Paradigma değişimi tamamlanmıştı.



6. SON SÖZ

En başından bir elmalı turta yapmak istiyorsanız, ilk önce evreni yaratmanız gerekir.

Carl Sagan

Beni hâlâ şaşırtan olay, insanoğlunun bir yaratılış teorisi düşünebilecek kadar cüretkâr olması ve şimdi de bizim bu teoriyi sınıyor olmamız.

George Smoot

Big Bang modelinin günümüzdeki en ikna edici model olduğunu düşünüyoruz çünkü birçok farklı astronomik gözlemle uyumlu olmakla kalmıyor, aynı zamanda birçok yeni gözlemsel verilerin sınamasından da geçiyor... Big Bang modeli hayatta kalmakla yetinmedi, daha da güçlendi.

Ralph Alpher ve Robert Herman

On ya da yirmi milyar yıl önce bir şey oldu; Big Bang, evrenimizin başlangıcı. Neden gerçekleştiği çağımızın en büyük gizemi. Ancak gerçekleştiği konusunda eminiz.

Carl Sagan

Big Bang evren modeli tartışılır bir şekilde XX. yüzyılın en önemli ve en büyük bilimsel başarısıdır. Ancak Big Bang modelinin tasarlanması, geliştirilmesi, araştırılması, test edilip kanıtlanması ve en sonunda kabul edilmesi çok sıradan gelebilir. Bu yönleriyle daha mütevazı bilim dallarındaki başarılarla çok ortak noktası bulunmaktadır. Big Bang modelinin geliştirilmesi bilimsel metodun tipik bir örneğidir.

Bilimin diğer dalları gibi kozmoloji de daha önce sadece mitler veya dini dogmalarla açıklanabilen şeyleri açıklamak için yola çıkmıştı. İlk kozmolojik modeller kusursuz değildi ama kullanışlıydı, ancak kısa sürede tutarsızlıklar ve yanlışlıklar ortaya çıkmaya başladı. Genç nesil kozmologlar alternatif bir model sundular ve kendi görüşlerinin kabul edilmesi için çalıştılar fakat kurumsallaşmış bilim, eski modeli savunmaya devam etti. Hem kurumsallaşmış bilim hem de asiler kampı kendi davalarını savundular; teorilerini, gözlemlerini ve deneylerini sundular. Bazen bir başarı yakalamak yıllar alıyordu, bazen de tesadüfi bir keşifle bilim dünyasını bir gecede değiştirebiliyorlardı. Her iki taraf da lenslerden uydulara birçok teknolojik alet icat etti ve bunu kendi modellerini kanıtlamak için kullanmaya çalıştı. Sonunda yeni modelin savunması tartışmasız bir şekilde üstün gelmeye başladı ve kurumsallaşmış bilim, eski modelden vazgeçerek yeni modeli kabul etti. Yeni modeli eleştirenlerin çoğu bu modele inanmaya başladılar ve böylece paradigma değişimi tamamlanmış oldu.

Önemli olan bir nokta bilimsel tartışmaların çoğunun sonucunda bir paradigma değişimi yaşanmadığıdır. Genellikle yeni önerilen bir model hatalıdır ve eski model kullanılmaya devam edilir. Böyle olması da aslında çok iyidir, aksi halde bilim, hiç durmadan değişen ve evreni anlamak ve araştırmak için güven vermeyen bir araç olurdu. Ancak bir paradigma değişimi gerçekleşmesi bilim tarihinde önemli bir an olarak kaydedilir.

Eski bir paradigmadan yeni bir paradigmaya uzanan yol, yıllar sürebilir ve birçok bilim adamının katkısını gerektirebilir. Bu ilginç bir soruyu aklımıza getirir: Yeni paradigmayı kime borçluyuz? Bu konu, Roald Hoffmann ve Carl Djerassi tarafından yazılmış *Oksijen* adlı bir oyunda incelenmiştir. Bu oyun retro-Nobel denilen ve Nobel Akademisi kurulmadan önce gerçekleştirilen keşiflere verilen hayali bir ödül üzerine kurulmuştur. Ödül komitesi toplanır ve ödülü oksijenin keşfine vermeyi kararlaştırır. Ancak komite üyeleri, ödülü kime vereceklerine karar veremezler. Bu gazı ilk kez sentetik bir şekilde izole etmeyi başaran İsveçli eczacı Carl Wilhelm Scheele mi keşfetmişti? Yoksa keşfi ilk yayımlayan ve araştırmalarının detaylı sonuçlarını açıklayan İngiliz rahip Joseph Priestly miydi? Yoksa oksijenin ayrı bir element olduğunu fark eden Fransız kimyager Antoine Lavoisier miydi? Oyun öncelik sorununun irdeler ve geçmişe yolculuk ederek her bir mucidin kendi görüşünü savunmasına izin verir.

Eğer oksijeni kimin keşfettiği sorusu karmaşıkla Big Bang modelini kimin icat ettiği sorusunu yanıtlamak imkânsızdır. Big Bang modelinin geliştirilmesi, test edilmesi ve tamamlanması; teorik, gözlemsel ve deneysel birçok safhadan oluşuyordu ve her safhanın kendine has kahramanları vardı. Genel izafiyet teorisi ile yerçekimini açıklayan Einstein'ın büyük katkıları olmuştur, çünkü yerçekimi anlayışı tamamlanmadan Big Bang modelinin ortaya çıkması imkânsız olurdu. Ancak ilk başta o da genişleyen bir evren fikrine karşı geldi, bu yüzden Big Bang teorisini geliştirmek Lemaitre ve Friedmann'a kaldı. Onların çalış-

maları, evrenin genişlediğini gösteren Hubble'ın gözlemleri olmasaydı ciddiye alınmazdı. Ancak Hubble da hiçbir kozmolojik tartışmaya girmedikleri için Big Bang'ın başarısında çok pay iddia edemez. Big Bang modeli, Gamow, Alpher ve Hermann'ın teorik; Ryle, Penzias, Wilson ve COBE ekibinin gözlemsel çalışmaları olmasaydı bilimin tozlu raflarında çürürdü. Sabit Evren modelinin kurucusu Fred Hoyle bile atom çekirdeği sentezi konusunda önemli teorik başarılarla imza atmış ve istemeden de olsa Big Bang modeline yardımcı olmuştu. Big Bang modelinin sadece bir kişiye mal edilemeyeceği çok açıktır.

Hatta bu kitap Big Bang modeline katkıda bulunanların sadece ufak bir kısmından bahsetmektedir. Çünkü Sabit Evren ve Big Bang modeli tartışmasının tam bir açıklamasını birkaç yüz sayfada vermenin olanağı yoktur. Big Bang modeline katkısı bulunan herkesi anlatabilmek için bu kitaptaki bölümlerin her birinin ayrı bir cilt kitap olarak basılması gerekirdi.

Yerimizin az olmasının yanı sıra kitabımızda matematiksel formülleri ve denklemleri en aza indirmeye çalıştık. Matematik bilimin dilidir, ve çoğu zaman bilimsel bir kavramı detaylı bir matematiksel formül vererek açıklamak mümkündür. Ancak bilimsel bir kavramı birkaç cümle ve resim kullanarak daha da iyi anlatabiliriz. Gerçekten de matematikçi Carl Friedrich Gauss, bir keresinde “rakamlar değil, fikirler” diyerek önemli olanın fikirler olduğunu belirtmiştir. Big Bang teorisinin kelimeler ve resimlerle anlatılabileceğinin en güzel kanıtı COBE basın toplantısından sonra yayınlanan *Independent* gazetesinin ilk sayfasıdır. Şekil 103'te gösterildiği gibi tüm teoriyi özetle ve kısaca gösterebilmişlerdir. Gazetenin kullandığı rakamlar tam olarak doğru olmasa da günümüz kozmologlarının üzerinde hemfikir olduğu rakamlara yakındır.

Independent'in diyagramı, günümüzdeki Big Bang anlayışını özetle göstermektedir. İlk önce tüm madde ve enerji bir noktaya sıkıştırılmıştı, ardından da çok büyük bir patlama gerçekleşti. “Big Bang” terimi bir patlama ol-

duğunu ima eder ve yanlış bir benzetme de değildir, ancak Big Bang uzayda gerçekleşen bir patlama değildi, uzayın patlamasıydı. Benzer şekilde Big Bang zaman içinde gerçekleşen bir patlama değil, zamanın patlamasıydı. Uzay ve zaman Big Bang'in gerçekleştiği anda yaratılmışlardı.

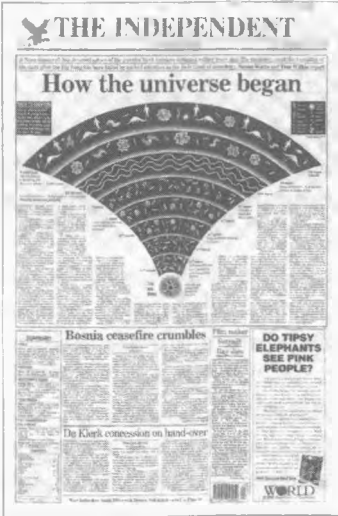
Bir saniye içinde aşırı sıcak evren genişledi ve büyük ölçüde soğudu, sıcaklığı birkaç trilyon dereceden birkaç milyar dereceye düştü. Evrende daha çok protonlar, nötronlar ve elektronlar bulunmaktaydı ve hepsi bir ışık denizindeydi. Hidrojen çekirdeğini oluşturan protonlar, sonraki birkaç saniye boyunca diğer partiküllerle tepkimeye girdi ve helyum çekirdeğini oluşturdu. Evrendeki hidrojen ve helyum oranının çoğu bu ilk birkaç dakika içinde oluşmuştur ve günümüzde gözlemlediğimiz oranlarla da uyumludur.

Evren genişlemeye ve soğumaya devam etti. Basit atom çekirdekleri, enerji dolu elektronlar ve bir ışık deniziyle doluydu, ve her şey birbirini etrafa saçıyordu. Yaklaşık 300 000 yıl sonra evrenin sıcaklığı, elektronların atom çekirdekleriyle birleşip tam atomlar oluşturabileceği kadar düşmüştü. Böylece ışığın kırılması sonlandı ve o andan günümüze kadar evrende hiçbir engel tanımaksızın yol almaktadır. Bu ışık günümüzde kozmik mikrodalga arka plan ışıması (CMB) olarak bilinir. Bu ışımanın olması gerektiğini Gamow, Alpher ve Hermann tahmin etmiş, Penzias ve Wilson ise bu ışımayı keşfetmişti.

COBE uydusunun CMB radyasyonunu detaylı ölçümleri sayesinde evren 300 000 yaşındayken bazı bölgelerinin ortalama yoğunluktan daha yoğun olduğunu biliyoruz. Bu bölgeler zamanla daha fazla madde çekmeye ve büyümeye başladılar ve evren yaklaşık bir milyar yaşına geldiğinde ilk yıldızlar ve galaksiler oluşmaya başlamıştı. Yıldızların içinde gerçekleşen çekirdek tepkimeleri orta ağırlıktaki elementleri oluşturdu, yıldızların ölmeden önceki son nefeslerinde de daha ağır elementler oluştu. Karbon, oksijen, nitrojen, fosfor ve potasyumun yıldızlarda oluşturulması sayesinde hayat gelişebilmiştir.

Ve sonunda buradayız, aşağı yukarı 15 milyar yıl sonra. Gazete diyagramının insanları gösterdiği en üst bölüm insanın evrende oynadığı rolü biraz abartmaktadır. Her ne kadar birkaç milyar yıldır Dünya’da hayat olmuş olsa da, insanlar sadece birkaç yüzbin yıldır yaşamaktadırlar. Bunu daha iyi anlamak için şöyle bir örnek verebiliriz: Evrenin yaşının iki kolumuzu açtığımız zaman oluşan bir uzunlukta olduğunu varsayalım. İnsanların evrende bulunma süresi bu ölçekte bir tırnak izi kadardır.

Yaratılış ve evrimin tarihinin somut kanıtlarla desteklendiğini belirtmekte fayda var. Gamow, Alpher ve Hermann gibi fizikçiler detaylı hesaplamalar yaptılar, evrenin ilk zamanlarının tahminini yaptılar ve evrenin bugüne taşınabilecek özelliklerini düşündüler. Bunların iki örneği, hidrojen ve helyum oranı ile CMB radyasyonudur. Bu tahminler son derece doğru çıktı. Nobel ödüllü fizikçi Steven Weinberg’in de dediği gibi Big Bang modeli hüsnü kuruntunun çok ötesindedir: “Yaptığımız hata teorilerimizi çok ciddiye almak değil, aksine yeterince ciddiye almak. Masamızda uğraştığımız bu rakamların ve denklem-



Şekil 103: 24 Nisan 1992’de COBE uydusunun keşifleri *Independent* gazetesinin ilk sayfasını tamamen kapladı. Gazete CMB radyasyonundaki farklılıkları Big Bang modelinin tam olarak kabul edilmesi olarak aldı.

lerin gerçek dünyayla olan ilgisini unutmak çok kolaydır. Daha da kötüsü bazı olayların teorik araştırmalar için uygun olmadığı görüşü vardır. İlk evreni ciddiye alıp bu konuda araştırmalar yaptıkları, evrenin ilk üç dakikasını araştırdıkları için Gamow, Alpher ve Hermann'a çok şey borçluyuz.”

Bir gazete ilk sayfasında Big Bang modelini anlatmaya başlayınca, Arthur Eddington'ın dediği gibi teorinin bilimin atölyesinden çıkıp sergi salonuna girdiği belgelenmiştir. Ancak bu da modelin tamamlanıp bittiği anlamına gelmez, çünkü her zaman cevaplanması gereken sorular ortaya çıkacaktır. Kalan yerimizde hâlâ sorulmakta olan bu sorulara kısa bir şekilde bakacağız. Elbette birkaç paragraf içinde bu soruları derinlemesine incelememizin imkânı yok, fakat Big Bang modelinin geniş anlamda kabul edilmesine karşın doldurulması gereken birçok boşluğun olduğunu görmemiz için bu sorulara değinmek gereklidir.

Örneğin günümüzdeki galaksilerin oluşmasını sağlayan yoğunluk farklılıklarının evren 300 000 yaşındayken oluştuğunu biliyoruz ama bu yoğunluk farklılıklarını ne oluşturmuştu? Ayrıca Einstein'ın genel izafiyet teorisine göre uzay; düz, içe eğimli veya dışa eğimli olabilir. Düz bir evrende bir ışık hüzmesi sonsuza dek düz bir çizgide devam edebilir, fakat eğimli bir evrende ışık hüzmesi, tıpkı dünyanın etrafında giden bir uçak gibi başladığı yere geri dönmektedir. Astronomi gözlemlerine göre evrenimiz, düz gözükmemektedir, bu yüzden sorumuz da şudur: Eğimli olabilecekken evrenimiz neden düzdür?

Yoğunluk farklılıklarını ve evrenin düzlüğünü açıklayabilecek teorilerden biri *enflasyon teorisidir*, ve Alan Guth tarafından 1979'un sonunda geliştirilmiştir. Kozmik enflasyonu ilk düşündüğü zaman o kadar şaşırmıştı ki defterine, “İNANILMAZ BİR FİKİR” diye yazmıştı. Enflasyon teorisi Big Bang modeli için değerli bir katkı gibi görülmektedir ve Guth'un bu ilk sözü de hiç abartılı gibi durmamaktadır. Enflasyon teorisinin birçok farklı versi-

izlenimini verir ve astronomlar da evrenin aynen bu şekilde olduğunu gözlemlemektedir.

Farklılıklar ve düzlükler sorununa çözüm getirmenin yanı sıra enflasyon teorisi başka bir gizemi de aydınlatabilir. Evrenin zıt noktalarını araştıran astronomlar birbirlerinden 20 milyar ışık yılı uzaklıkta olan bölgelerin arasında büyük benzerlikler olduğunu görmüşlerdir. Evrende birbirlerinden bu kadar uzak olan bölgeler arasında çok daha büyük farklılıklar olmasını bekleyen astronomlar şaşırmışlardı. Ancak enflasyon teorisi bunun neden böyle olduğunu kolayca açıklayabilir. İlk genişlemeden önce evrenin iki parçası birbirlerine çok yakın olmuş olabilir ve bu yakınlıkları yüzünden birbirlerine çok benzeyebilirler. Ardından oluşan büyük genişlemeyle beraber, bir anda birbirlerinden çok uzak noktalara çekilmiş olabilirler, ama yine de aniden ayrıldıkları için birbirlerine olan benzerlik devam edecektir.

Guth'un *enflasyon teorisi* hâlâ bilimin atölyesinde bulunmaktadır, ama birçok kozmolog zamanı gelince bu teorinin de Big Bang modeline ekleneceğini düşünmektedir. Jim Peebles: "Eğer enflasyon teorisi yanlışsa Tanrı çok güzel bir şeyi görmezden gelmiş demektir. Enflasyon çok güzel bir fikir. Ancak doğanın kullanmadığı daha birçok güzel fikir vardı, bu yüzden bu teori yanlışsa çok hayıflanmalıyım."

Big Bang kozmologlarının uykularını kaçırان bir diğer şey de *karanlık maddedir*. Gözlemler, galaksilerin kenarlarında bulunan yıldızların hızlarının çok yüksek olduğunu gösterir. Fakat galaksilerin merkezinde bulunan yıldızların çekim kuvvetleri, kenardaki yıldızların evrenin içinde savrulmalarını önleyebilecek kadar güçlü değildir. Bu yüzden kozmologlar galaksilerin içinde büyük oranda, ışık yaymayan ama çekim kuvveti uygulayarak yıldızları yörüngelerinde tutan *karanlık madde* olması gerektiğini düşünürler. Her ne kadar karanlık madde fikri 1930'lara ve Fritz Zwicky'ye dayansa da kozmologlar hâlâ bu maddenin özelliklerinde emin değildirler. Yapılan hesaplama-

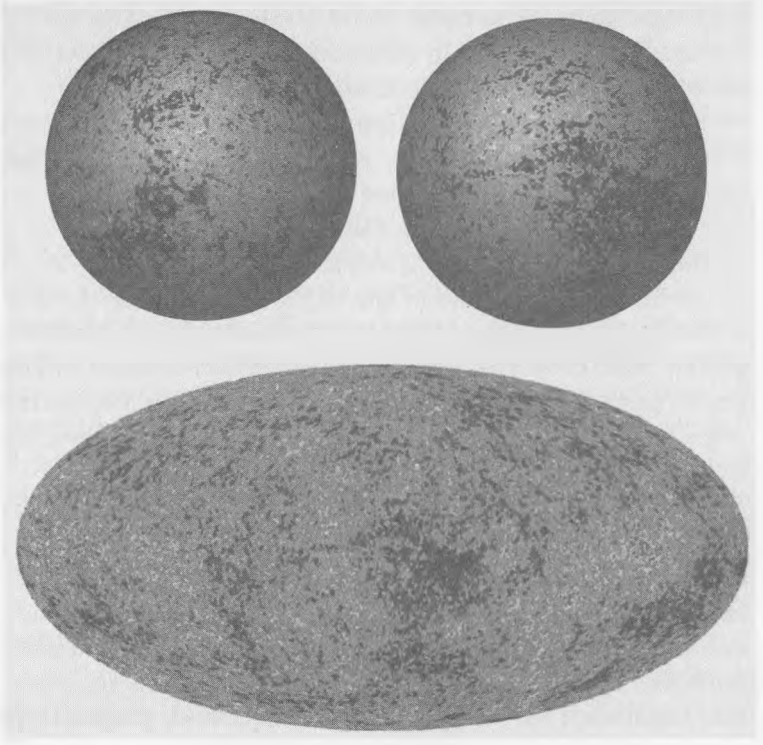
lara göre evrenin normal yıldız maddesinden çok bu tip karanlık maddeye sahip olduğunu düşünürseniz, bu son derece yüz kızartıcı bir durumdur.

Karanlık madde adaylarından biri de *kütlesel sıkışık hale objeleridir* (MACHOs), bu kategoriye kara delikler, asteroitler ve Jüpiter gibi dev gezegenler girmektedir. Bu tür gök cisimlerini bir galakside göremeyiz çünkü ışık yaymazlar ama galaksi içindeki çekim kuvvetine katkı sağlarlar. Karanlık madde için diğer adaylara *zayıf ilişkili kütlesel parçacıklar* (WIMPs) denmektedir, ve bu kategoriye MACHOs gibi büyük gök cisimleri oluşturmayan çeşitli parçacıklar girer. Bu parçacıklar evrenin her yerine dağılmışlardır ve çekim kuvvetleri dışında varlıklarını hiç hissettirmezler.

Günümüzde karanlık maddenin doğası ve miktarı hakkında çok az ipucu bulunmaktadır. Bu da utanç verici bir durumdur çünkü Big Bang modelinde bulunan bazı boşlukları doldurmak için karanlık maddeler hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duymaktayız. Örneğin karanlık maddelerin çekim kuvvetleri evrenin ilk safhâlarında normal maddeleri bir araya getirip birleştirerek galaksilerin oluşmasında büyük bir rol oynamış olabilir.

Ayrıca zamanı ileri alacak olursak karanlık madde, evrenin kaderinde nihai bir rol oynayabilir. Evren Big Bang'den günümüze dek genişlemekteydi ama evrenin tüm kütlesi maddeyi kendisine doğru çekip bu genişlemeyi yavaşlatacaktır. Bunun sonucunda üç farklı senaryo olabilir, ve bu senaryoları ilk önce Alexander Friedmann, 1920'lerde açıklamıştı. Öncelikle evren sonsuza dek genişleyebilir. İkinci olarak evrenin genişlemesi gitgide yavaşlar ve en sonunda durur. Son olarak da evren yavaşlar, durur, ve geri daralmaya başlayabilir. Bu yüzden evrenin sonu, evrenin içindeki çekim kuvvetine, bu da evrenin kütlesine, evrenin kütlesi de evrenin içindeki karanlık madde miktarına bağlıdır.

Aslında dördüncü bir gelecek senaryosu ciddi bir şekilde düşünülmektedir. 90'ların sonlarında astronomlar



Şekil 104: WMAP (Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Roketi) uydusu, CMB radyasyonunu COBE uydusundan otuz beş kat daha iyi çözünürlükte incelemek için geliştirilmişti. Elde ettiği gözlemler, 2003'te yayınlanan yukarıdaki haritalarda gösterilmektedir. Pastil şeklindeki format, Şekil 102'de verilen haritalarla uyumludur. Bu haritalar tekrar bir küre halini alabilecek bir şekilde toplanabilir, ayrıca kürenin iki karşıt yönü de ayrı olarak gösterilmektedir. WMAP uydusunun, kürenin ortasında olduğunu ve gökyüzündeki farklı CMB radyasyonunu gözlemlediğini hayal edebilirsiniz.

WMAP verileri, evrenin farklı parametrelerinin daha önce hiç olmadığı kadar hassas bir şekilde ölçülmesine olanak sağlamıştır. WMAP ekibi evrenin yaklaşık 13.7 milyar yıl yaşında olduğunu tahmin etmekte. Aynı zamanda evrenin %23'ünün karanlık madde, %73'ünün karanlık enerji ve kalan %4'ünün de sıradan madde olduğunu hesapladılar. Dahası gözlemlenen farklılıklar, evrenin ilk zamanlarında oluşabilecek bir genişleme safhâlarıyla uyumlu görünüyor.

teleskoplarını Tip Ia süpernovası denilen özel bir süpernova çeşidine çevirdiler. Bu süpernovalar özellikle çok parlak oldukları için çok uzak galaksilerde bile gerçekleşmeler gözlemlenebilmektedirler. Tip Ia süpernovalarının parlaklık varyasyonları sayesinde onların ve içinde bulundukları galaksilerin uzaklıkları belirlenebilir. Spektroskopi kullanılarak evrendeki hızları da bulunabilmektedir. Astronomlar Tip Ia süpernovalarını araştırdıkça evrenin gittikçe daha fazla artan bir oranda genişlediğini gösteren bulgular elde ettiler. Evrenin genişleme hızı yavaşlayacağına artıyor gibi görünüyordu. Evren kendini parçalıyor gibi görünüyor. Kendini parçalamaya uğraşan bu evreni dizginleyen kuvvetin ne olduğu gizemini korumaktadır ve bu kuvvete *karanlık enerji* denmektedir.

Anı bir şiddetli genişleme periyoduyla, karanlık maddesi ve enerjisiyle XXI. yüzyılın Big Bang evreni, gerçekten de garip bir yer. J. B. S. Haldane, 1937’de “Evrenin sadece düşündüğümüzden daha garip olmadığını, düşünebileceğimizden de daha garip olduğunu tahmin ediyorum.” derken son derece haklıydı.

Big Bang teorisinin kalan gizemlerini çözmek için üç yönden saldırmak gerekir. Daha fazla teorik gelişmeler, laboratuvar deneyleri ve daha da önemlisi evrenin daha açık seçik gözlemleri. Örneğin COBE uydusu bilimsel görevini 23 Aralık 1993’te tamamladı ve daha gelişmiş dedektörleri olan WMAP gibi uydular onun yerini aldı. WMAP’in elde ettiği veriler Şekil 104’te gösterilmektedir. Daha da gelişmiş uydular da hâlihazırda geliştirilmekte, Dünya’nın yüzeyinde de daha hassas optik ve radyo teleskopları yapılmakta, deneyler karanlık maddenin sırlarını araştırmaktadır.

Gelecekteki gözlemler Big Bang modelini sınavacak ve geliştirecekler. Bu gözlemler evrenin yaşını tekrar belirleyebilirler, evrendeki karanlık maddenin etkisinin daha düşük olduğunu bulabilirler veya bilgi hazinemizdeki boşlukları doldurabilirler, fakat kozmologlar birkaç düzenleme gerektirecek olsa bile Big Bang modelinin doğru

olduğundan nerdeyse eminler. Big Bang teorisinin kurucularından olan Ralph Alpher ve Robert Herman'a göre, "Her ne kadar kozmolojik modellememizde birçok soru henüz yanıt bulmamış olsa da, Big Bang modeli hâlâ sapsağlam ayakta. Gelecekteki teorik ve gözlemsel gelişmelerin bu modeli tamamlayacağından eminiz, ama bir elli yıl sonra bu modelin işlevini yitireceğini düşünmüyoruz. Keşke elli yıl ileriye gidebilsek ve neler olacağını görebilsek."

Her ne kadar kozmologların çoğu Alpher ve Herman'a katılsalar da, Big Bang teorisini hâlâ eleştirenler, sabit ve sonsuz bir evrene inananlar olduğunu söylemek gerekir. Sabit Evren modeli, inanılrlılığını yitirince bu teoriyi savunan bazı bilim adamları Yarı-Sabit Evren modeline geçtiler. Azınlıktaki bu görüşü savunan kozmologlar, Big Bang teorisine karşı geldikleri için gurur duymaktalar. 2001'de hayata gözlerini yuman Fred Hoyle, otobiyografisinde şunları söylemektedir: "Bana göre, Big Bang teorisini savunan onca insan gibi, gerçekten hakikati bulduğunu söylemek neredeyse küstahlıktır. Ben bu tuzağa ancak kısa dönemli kibir anlarında düşmüş olabilirim, ardından da büyük bir yıkım gelmiştir." Bu tip sağlıklı meydan okumalar bilimin vazgeçilmez bir parçasıdır ve cesaretlendirilmelidir. Sonuçta Big Bang modeli de var olan yapıya karşı bir isyanın sonucunda doğmuştur.

Hoyle'un Big Bang modelinden nefret etmesinin bir diğer sebebi de modele bu adı, onun vermesi ve halk arasında daha kolay tanınmasını sağlaması olabilir. "Big Bang", yaratılış teorisinin kısa ve akılda kalır bir adı oldu, ama bu adı bulan teorinin en büyük eleştirmeniydi. Bazı kozmologlar, Big Bang deyiminin sadeliğini sevse de diğerleri, bu kadar muhteşem bir kavramın, bayağı bir şekilde isimlendirilmesinden rahatsız olmaktalar. 21 Haziran 1992'de yayınlanan Calvin ve Hobbes karikatüründe bile, karikatür karakterleri bu probleme değinmişlerdi. Calvin Hobbes'a; "Evrenin başlangıcı hakkında bir şeyler okudum." der. "Bu olaya 'Büyük Patlama'" diyorlar. Bilim

adamları evrendeki tüm maddenin toplu iğne başından daha küçük bir noktadan patlamasını hayal edebiliyorlar, ama bunu anlatmak için “Büyük Patlama”dan daha etkili bir isim bulamamışlar. İşte bilimin sorunu bu. Bir avuç deneyci toplanmış inanılmaz güzellikteki bir şeyi anlatmaya çalışıyorlar.” Big Bang ismine alternatif olarak Calvin, “Accayip Uzay Gümlmesi¹” ismini bulur. Bu isim gerçekten de bazı kozmologlar tarafından kullanılmış, hatta bazen HSK olarak kısaltmışlardır.

Bir sonraki sene *Sky & Telescope* dergisi, Big Bang ismini değiştirmek için bir yarışma başlattı, ama içinde Carl Sagan, Hugh Downs ve Timothy Ferris’in de bulunduğu prestijli jüri, yeni isim adaylarından hiç birini beğenmedi. “SAGAN”, “Hubble Balonu” ve “Bertha D. Evreni” gibi önerilerden hiçbirini, Big Bang kadar etkili değildi. Jüri, 41 ülkeden gelen 13,099 öneriden hiçbirini yeterli bulmadı.

Bu da Big Bang isminin kültürümüzün bir parçası olduğunu gösteriyor sanki. Papa XII. Pius, Big Bang modelini onayladıktan sonra Katolik Kilisesi bu bilimsel yaratılış teorisini gayet benimsedi. Kilise, İncil’de anlatılan olayları lafzi olarak kabul etmeyi bıraktı. Bu son derece pragmatik bir tavır değişikliğidir. Geçmişte, yanardağların patlamasından Güneş’in batmasına kadar tüm olayları Tanrı açıklıyordu, fakat zamanla bilim, tüm olayların mantıklı ve rasyonel açıklamalarını yapmaya başladı. Kimyager Charles Coulson, “boşlukların Tanrısı” terimini buldu ve bilgimizin dışındaki her şeyden sorumlu bir tanrı olduğunu ve bilgimiz geliştikçe gücünün azaldığını belirtti. Ancak şu anda Katolik Kilisesi ruhani alemle ilgilenmekte ve doğayı açıklama işini bilime bırakmakta. Böylece gelecekte gerçekleştirilecek bilimsel keşiflerden Tanrı da etkilenmeyecekti. Bilim ve din artık birbirlerinden bağımsız bir şekilde, bir arada yaşayabilecek.

1. “Horrendous Space Kablooie”

Bu bağımsızlığı vurgulamak istercesine 1988'de Papa II. John Paul: "Hristiyanlığın haklılığı kendi içindedir ve bilimden özür dileme ihtiyacını duymaz." demişti. Ardından 1992'de Vatikan, Galileo'yu yargılamakta haksız olduğunu itiraf etti. Güneş merkezli evren düşüncesini savunmak sapkınlık olarak algılanıyordu, çünkü İncil'de "Tanrı Dünya'yı bir temele oturtmuştur ve bu temel yerinden oynamaz" deniyordu. Ancak on üç yıl süren bir araştırmadan sonra Kardinal Paul Poupard, Galileo'nun mahkemesinde bulunan teologların "İncil'de yatan metafizik anlamları kavrayamadığını", söyledi. 1999'da da Papa Polonya ziyaretinde Kopernik'in mezarını ziyaret ederek onun bilimsel başarılarını överek, bilim ve din arasında yüzyıllardır süren kavgayı sembolik olarak bitirdi.

Belki de Kilise'nin yeni tolerans seviyesinden cesaret alarak bazı kozmologlar, Big Bang modelinin felsefi açılımlarını araştırmaya başladı. Örneğin Big Bang modeli evrenin sıcak ve yoğun bir noktadan başlayıp bugün gördüğümüz galaksilere ve yıldızlara dönüştüğünü söylemektedir. Bu kaçınılmaz bir sonuç mudur, yoksa evren başka bir şekilde de gelişebilir miydi? Kraliyet astronomu Martin Rees, bu konuyu *Sadece Altı Sayı* adındaki kitabında araştırır. Kitabında, Rees evrenin yapısının aslında yercekimi kuvveti gibi sadece altı parametreye bağlı olduğunu söyler. Bilim adamları her bir parametreyi ölçebilir ve sonucunda altı sayı elde ederler. Rees, evren yaratıldığı zaman bu sayılar farklı olsaydı neler olacağını sorgular. Örneğin çekim kuvveti daha yüksek olsaydı yıldızlar çok daha çabuk şekillenirdi.

Rees'in α olarak gösterdiği bir sayı, proton ve nötronları birbirlerine bağlayan kuvveti temsil etmektedir. α sayısı ne kadar yüksek olursa nükleonları birbirlerine bağlayan kuvvet o kadar güçlü olur. Ölçümlerin gösterdiğine göre $\alpha = 0.007$ 'dir ve eğer bu rakam farklı olsaydı sonuçları felaket olurdu. Eğer $\alpha = 0.006$ olsaydı çekirdek bağ kuvveti biraz daha zayıf olurdu ve hidrojenin döteryuma dö-

nüşmesi imkânsız olurdu. Döteryum da hidrojenin helyum ve daha ağır elementlere dönüşmesindeki ilk adımdır. Hatta $\alpha = 0.006$ olsaydı evrende hidrojen dışında hiç bir atom olamazdı ve hayat şansı kalmazdı. Bunun yerine $\alpha = 0.008$ olsaydı çekirdek bağları biraz daha güçlü olurdu ve hidrojen çok daha kolay bir şekilde döteryuma ve helyuma dönüşürdü. O kadar ki evrenin ilk zamanlarında var olan tüm hidrojen kaybolur ve yıldızların yakıt olarak kullanabileceği hiçbir hidrojen atomu kalmazdı. Yine bu şekilde de hayatın ortaya çıkma şansı kalmazdı.

Rees, diğer beş sayıyı da inceler ve her birinin değişik olması durumunda evrenin evriminin nasıl büyük sektelelere uğrayacağını gösterir. Hatta bu sayılardan bazılarının değişimi α 'den bile daha önemli sonuçlara gebe dir. Şu an olduklarından çok az daha değişik olsalardı evren, bomboş bir yer olabilirdi veya doğar doğmaz kendini yok edebilirdi.

Sonuç olarak bu altı sayı tam da hayatın var olabilmesi için tasarlanmış gibi gözüküyor. Sanki evrenin evrimini belirleyen altı sayı bizim var olmamızı sağlamak için seçilmiş gibi duruyor. Ünlü fizikçi Freeman Dyson şöyle der: "Evreni ve evrenin mimarisinin detaylarını inceledikçe evrenin bizim geleceğimizi bildiğini düşünüyorum."

Bu sonuçlar aklımıza 5. Bölümde incelediğimiz ve Fred Hoyle'un yükseltilmiş karbon atomunu bulmak için kullandığı insani ilkeyi getiriyor. İnsani ilkeye göre herhangi bir kozmoloji teorisi, evrenin, bizi ortaya çıkardığını göz önünde bulundurmak zorundadır. Bu ilkenin kozmoloji araştırmalarında önemli bir unsur olması gerektiğini belirtir.

Kanadalı filozof John Leslie, insani ilkeyi anlatmak için bir idam mangası senaryosu geliştirmiştir. Vatana ihanetle suçlandığınızı hayal edin ve yirmi kişilik bir idam mangasının önünde kurşuna dizilmeyi beklediğinizi düşünün. Ateş etme emrini duyuyorsunuz ve yirmi tüfek birden ateşleniyor; ama mermilerin hiç biri sizi vurmuyor. Kanunlara göre böyle bir durumda serbest kalırsınız, an-

cak özgürlüğünüze kavuştuğunuz anda neden hâlâ hayatta olduğunuzu merak edersiniz. Yirmi mermi de sizi şansa mı ıskaladı? Bu tür bir olay her on bin idam da bir mi yaşanır? Siz sadece şanslı mıydınız? Yoksa hayatta kalmanızın bir sebebi var mıydı? Belki de idam mangasının tüm yirmi üyesi sizin suçsuz olduğunuza inanıyordu ve bilerek ıskaladılar. Belki de bir önceki gece tüfeklerin kalibre ayarları yapılırken yanlışlıkla tüm silahların 10° sağa ateş etmeleri ayarlanmıştı. Hayatınızın geri kalanını şans eseri kurtulduğunuzu düşünerek geçirebilirsiniz, ama hayatta kalmanızın arkasında daha derin bir anlam yatmadığını düşünmek zor olur.

Benzer şekilde evrenin karakteristiğini belirleyen bu altı sayının tam da hayatın ortaya çıkmasını sağlayabilecek sayılar olması çok ilginçtir. Şimdi, kendimizi şanslı mı saymalıyız yoksa bu şansın arkasında yatan başka bir neden mi aramalıyız?

İnsani ilkenin ekstrem bir versiyonuna göre evrenin bu kadar hassas bir şekilde ayarlanmasının arkasında bir ayarlayan yatmaktadır. Başka bir deyişle insani ilke Tanrı'nın varlığının kanıtı olarak algılanabilir. Ancak başka bir görüşe göre bizim evrenimiz çoklu bir evrenler katmanının bir parçasıdır. Evren, sözlük tanımına göre her şeyi kapsayıcıdır, fakat kozmologlar evreni, algılayabildiğimiz ve bizi etkileyebilen şeylerin bir bütünü olarak kullanırlar. Bu tanıma göre daha birçok ayrı ve izole evren var olabilir ve bu evrenlerin her birinin farklı altı sayısı olabilir. Bu yüzden çokluevrende birçok farklı evren hatta sonsuz evren var olabilir. Bu evrenlerin çoğu kısır veya kısa ömürlü olurdu. Ancak şans eseri de olsa bunlardan bazılarında hayatın ortaya çıkma olasılığı bulunabilirdi. Elbette biz de bu evrenlerden hayatı destekleyeninde ortaya çıktık.

“Kozmos bir yönüyle büyük bir giysi mağazasına benziyor olabilir” , diyordu Rees. “Eğer bu mağazanın geniş bir stoğu varsa bize tam olarak uyan bir takım elbise bulunmamız şaşırtıcı olmaz. Benzer şekilde eğer evrenimiz son-

suz bir çokluevren arasından seçilmişse tam da bizim ortaya çıkmamız için geliştirilmiş gibi olması şaşırtıcı olmalıdır.”

Bu soru –Evrenimiz spesifik olarak hayatın ortaya çıkması için mi dizayn edildi, yoksa birçok şanssız evren arasından sadece bizimki mi şanslıydı?– bilimsel spekülasyonun eşiğindedir ve birçok kozmolog tarafından tartışılmaktadır. Metafizik anlamında bu sorudan daha kuvvetli olan tek bir soru vardır: Big Bang’den önce ne vardı?

Şimdiye kadar Big Bang modeli, evrenimizin milyarlarca yıl önce yoğun ve sıcak bir durumdan nasıl ortaya çıktığını cevaplayabilmiştir. Big Bang’i ne kadar geriye götürebileceğiniz, ilk genişleme safhası özelliğini veya evrenin 10^{32} derece sıcaklıkta ve 10^{-43} saniye yaşındaki durumunu açıklayan parçacık fiziği teorilerini kullanmanıza göre değişir.

Yine de tam yaratılış anı ve buna neyin sebep olduğu sorusu cevapsız kalmaktadır. Eleştirmenler bu soruyu sorduklarında George Gamow, cevap vermekten kaçınıyordu. *Evrenin Yaratılışı* adlı ünlü eserinin ikinci baskısına sırf bu yüzden bir ilave de yapmıştı.

“Bazı eleştirmenlerin ‘yaratılış’ sözüne itirazları üzerine açıklamam gerekir ki bu sözcük ‘hiçlikten bir şey yaratma’ manasında değil, ‘şekilsiz bir şeyden, şekilli bir şey yaratma’ anlamında kullanılmıştır. Örneğin ‘Paris moda-sının son yaratımı’.”

Big Bang’den önce ne olduğunu açıklayamamak kozmoloji için bir hayal kırıklığı olsa da yıkıcı bir darbe değildir. En kötü ihtimalle Big Bang teorisi yarım kalmış bir halde geçerliliğini korur ve diğer birçok bilimsel teorinin arasına katılır. Biyologlar hayatın nasıl ortaya çıktığını hâlâ açıklayamıyorlar, ama bu evrim teorisinin gerçekliğini veya DNA ve gen konseptlerini tehlikeye atmıyor. Ancak kozmologlar, biyologlardan daha kötü bir durumda olduklarını itiraf etmeliler. Anladığımız kadarıyla standart kimya yasaları ilk hücrenin ve ilk DNA’nın ortaya çıkmasında etkiliydi, ama kozmik yaratılışın ilk anında bilinen

fizik yasalarının geçerli olup olmadığı henüz bilinmiyor. Saati geriye doğru sarıp 0 noktasına vardığımızda tüm madde ve enerji bir noktada birleşmiş gibi görünüyor, bu da fizik yasaları için çok büyük bir sorun. Yaratılış anında evren, fiziksel olmayan ve *tekillik* olarak bilinen bir duruma giriyor.

Kozmologlar tekilliğin fizliğini açıklayabilseler bile, birçoğu “Big Bang’dan önce ne vardı?” sorusunun cevaplanamayacağını, bu sorunun geçersiz olduğunu iddia ediyorlar. Sonuçta Big Bang teorisine göre, Big Bang sadece madde ve radyasyonun başlangıcı değil, uzay ve zamanın da başlangıcıydı. Eğer zaman Big Bang’le birlikte ortaya çıktıysa, “Big Bang’dan önce” lafını anlamlı bir şekilde kullanmamız imkânsızdır. Aynı durumu “kuzey” sözcüğüyle de düşünebiliriz. Bu sözcük “Londra’nın kuzeyinde ne var?” veya “Edinburgh’un kuzeyinde ne var?” sorularında geçerli bir şekilde kullanılabilir. Fakat “Kuzey kutbunun kuzeyinde ne var?” sorusu bir anlam ifade etmez.

Eleştirmenler, kozmologların ellerinden gelenin en iyisi buysa “Big Bang’dan önce ne vardı?” sorusunun mitlere ve dine bırakılması gerektiğini düşünebilir. *Tanrı ve Astronomlar* adlı kitabında Amerikalı astronom Robert Jastrow, Big Bang teorisyenlerinin bu nihai amacı konusunda gayet kötümserdi: “Cehalet dağlarını tırmanmış, neredeyse en yüksek noktaya çıkacak, fakat son kayayı tırmanıp zirveye vardığı anda yüzyıllardır orada duran bir grup ilahiyatçı tarafından karşılanıyor.”

Yaratılış problemini alt etmenin bir diğer yolu da biraz daha ağır bir evren hayal etmek olabilir. Evren genişlemeye devam ederdi, ama var olan ekstra kütle daha yüksek bir çekim kuvvetiyle sonuçlanır ve evren bir noktadan sonra büzülmeye başlardı. Evren uzun süre büzüldükten ve madde ve enerji yoğunlaştıktan sonra evren kritik bir safhaya erişebilir ve basınç kuvvetiyle evreni tekrar genişletmeye başlayabilirdi. Böylece tekrar büyük bir patlama yaşanır ve evren genişlerdi. Sonra tekrar büzülür, yoğunlaşır, tekrar genişler ve böyle devam ederdi.

Bu dalgalanan, yeniden dönüşen evren sonsuz olurdu, ama bunu Sabit bir evren olarak düşünmeyin. Bu Sabit Evren modelinin bir versiyonu değildir, ondan ziyade çoklu bir Big Bang modelidir. Friedmann, Gamow ve Dicke gibi birçok kozmolog tarafından da tartışılmıştır.

Eddington gibi başka kozmologlar ise bu geri dönüşümlü modeli hiç benimsemediler: “Evrenin banal bir şekilde sürekli kendini tekrar etmesindenense başarmak için ortaya çıktığı şeyi başarmasını, ardından da kaotik değişimsizliğe düşmesini yeğlerim” diyordu. Başka bir deyişle, sürekli genişleyen bir evren, yıldızlardaki hidrojen yakıtı tükeneceği için sönecekti, ve Eddington da bu büyük soğuma senaryosunu, sonsuz kere kendisini tekrarlayan bir evren modeline yeğliyordu.

Eddington’ın kişisel eleştirilerinin yanı sıra, kendini tekrar eden Big Bang’in karşısında önemli pratik sorunlar vardı. Örneğin hiçbir kozmolog, kozmik bir yeniden genişleme hareketine yol açabilecek bir kuvvet bulamadı. Her hâlükârda, son yapılan gözlemler, evrenin genişleme hızının gittikçe arttığını göstermektedir. Bu da şu anda var olan genişlemenin, büzölmeye dönme şansını azaltmaktadır.

Eksik kaldığı noktalara rağmen, yeniden dönüşümlü evren modeli, bir sonraki Big Bang için evrenin tekrar büzöşmesine olanak sağlıyordu. Böylece Big Bang’den önce ne olduğunu ve etki-tepki mekaniğini merak eden tutkumuzu tatmin etmiş olabilecektik. Ancak belki de etki-tepki mekaniği sağduyumuza bağlı bir önyargıdır ve bu kozmolojik çerçevede göz ardı edilmelidir. Sonuçta Big Bang genişlemesi, çok minyatür bir ölçekte gerçekleşti ve burada sağduyudan çok kuantum fiziğinin garip yasaları geçerlidir.

Kuantum fiziği, fizik bilimi içindeki en garip ve başarılı teoridir. Kuantum fiziğinin kurucularından biri olan Niels Bohr’un da dediği gibi “Kuantum teorisini görünce şaşırmanın biri, onu anlamamıştır.”

Her ne kadar makro dünyada etki-tepki mekaniği doğru bir ilke olsa da mikroskop altı kuantum dünyasının

hakimi, *belirsizlik ilkesidir*. Bu prensibe göre olaylar spon-tane bir şekilde gerçekleşebilir; bu deneylerle de ispatlan-mıştır. Aynı zamanda geçici de olsa maddenin hiçbir yer-den ortaya çıkmasına olanak sağlar. Günlük seviyede Dünya deterministik görünebilir ve korunum yasaları doğru çalışır, ama mikroskopik seviyede determinizm ve korunum yasaları işlemeyebilir.

Bu yüzden de kuantum kozmolojisi, evrenin hiçbir yerden hiçbir sebep olmaksızın ortaya çıkmasına olanak sağlayan birçok hipotez üretir. Örneğin bir bebek evren hiçbir şeyin ortasından birçok başka evrenle birlikte ne-densizce ortaya çıkabilir ve çokluevrenin bir parçası olabi-lir. *Enflasyon teorisinin* kurucusu olan Alan Guth'un dedi-ği gibi: "Sıklıkla sebepsiz yere hiçbir şeyin olmadığı söyle-nir. Fakat belki de evrenin kendisi sebepsiz yere ortaya çıkmıştır."

Maalesef, bilim dünyası tüm bu muhtemel cevapların son derece spekülatif olduğunu ve evrenin nereden geldi-ği sorusunu tam olarak yanıtlamadığını itiraf etmek zo-rundadır. Yine de günümüz kozmologları ümitsizliğe düş-memelidir. Big Bang modelinin evreni tutarlı ve anlaşılır bir şekilde açıklıyor olmasından memnun olmalılar. Geç-mişini aydınlatarak günümüz evrenini açıklayan, böylece de insan başarılarının zirvesinde olan Big Bang modeliyle gurur duymalılar. Dışarı çıkıp Dünya'ya Big Bang modeli-nin insan zekâsının ve merakının bir ödülü olduğunu söy-lemeliler. Ve eğer halktan biri "Big Bang'den önce ne var-dı?" diye sorarsa Aziz Augustine'in verdiği cevabı vermeyi düşünebilirler.

M.S. 400'de yazdığı otobiyografisi *İtiraflar*'da, filozof ve teolog Aziz Augustine, "Big Bang'den önce ne vardı?" sorusunun teolojik eş değerine verilen bir cevabı tekrarlı-yordu:

"Tanrı evreni yaratmadan önce ne mi yapıyordu? Tan-rı cenneti ve dünyayı yaratmadan önce, senin gibi bu tür soruları soran insanları atmak için cehennemi yaratıyor-du."

İNDEKS

- 61 Cygni – 168-170,
Abell, George O. – 367,
Alfa Hidra – 193,
Alfonsine Şemaları – 41,42, 79,
Alfonso VI – 40,
Alfonso X – 41, 80,
Algol – 187-190,
Almagest – 37, 40, 41,
Alpher, Ralph – 292-297, 299-304,
306, 308-311, 315, 329, 353,
364, 394-396, 399-401, 419,
425, 431-434, 440,
Amerika Ulusal Bilim Akademisi –
181, 196,
Amerikan Astronomi Topluluğu
konseyi – 214,
Amerikan Bilim ve Gelişme Derne-
ği – 213,
Amerikan Fizik Topluluğu – 424,
Anaxagoras – 22-24, 27,
Anaximander – 13, 14, 82,
Andromeda – 171, 184, 209-213,
232, 343-347, 349-351, 356,
Annalen der Physik – 105
Annales de la Societe Scientifique
de Bruxelles – 156,
Astronomia nova – 62, 63,
Arcturus – 225,
Argonne Ulusal Laboratuvarı – 294,
Aristarkus – 22-24, 27-31, 33, 37,
41, 43, 46, 49, 51, 63, 186,
Aristoteles – 35, 41, 48, 65, 88,
Arnagh Rasathanesi – 174,
Arşidük Ferdinand – 56,
Arşidük Franz Ferdinand – 131,
Arşimet – 29,
Astrophysical Journal – 397, 399,
424,
Atina – 18, 22,
Atkinson, Robert d'Escourt – 278,
279,
atom pudingi modeli – 267-270,
274, 337,
Augustine (Aziz) – 448,
Ault, Warren – 203,
Avignon – 49,
Baade, Walter – 342-352, 380, 383,
425,
Baja yarımadası – 133,
Ball, Robert – 186,
Barberini, Francesco – 77,
Barberini, Maffeo – 74,
Barnard yıldızı – 225,
Batlamyus – 35-37, 40, 41, 43, 48-
51, 54, 55, 66, 67, 69, 80, 121,
126, 145, 225,
belirsizlik ilkesi – 448,
Bell, Alexander Graham – 369,
Bell, Jocelyn – 161, 162, 367,
Bell Laboratuvarları – 369, 370, 373,
388, 390-393, 396-398, 402,
Berlin – 130, 131,
Bern – 104, 114,
Bern Üniversitesi – 114,
Bessel, Friedrich Wilhelm – 167-
170, 186,
Beta Aurig – 193,
Betelgeuse – 223, 224,

- Bethe, Hans – 281, 289, 295-297,
 Big Bang – 11,12, 153, 155, 156,
 162, 236-238, 241, 243, 248,
 249, 251-256, 259-265, 277,
 283, 284, 286, 287, 289, 291,
 292, 294-297, 299, 302, 303,
 306-308, 310-312, 317-319, 321-
 323, 326, 329-336, 338-342,
 346-348, 351-354, 359, 364,
 365, 369, 378, 381, 383-387,
 394, 395, 397-403, 405-408,
 410, 411, 415, 416, 418, 421,
 423-425, 429-434, 436, 437,
 439-442, 445-448,
 Bingley – 312,
 Block, Herbert L. – 298,
 Bohr, Niels – 447,
 Bond, William Cranch – 194,
 Bondi, Hermann – 315, 317, 320,
 323, 324, 329, 335, 352, 382,
 385-387, 403,
 Bonner, William – 331,
 Born, Max – 139, 313,
 Brahe, Tycho – 51, 53-56, 58, 75,
 89, 117,
 Bronstein, Matvei – 333,
 brown hareketi – 105,
 Bruno, Giordano – 44,
 Bunsen, Robert – 212-223,
 Burbidge, Geoffrey – 365, 403,
 Burbidge, Margaret – 365,
 Burke, Bernard – 395, 396,
 Buys-Ballot, Christoph – 228,
 California Lick Rasathanesi – 178,
 182,
 California Teknik Üniversitesi
 (Caltech) – 252, 258, 362, 390,
 397,
 California Üniversitesi – 413,
 Cambridge Rasathanesi – 132,
 Cambridge Üniversitesi – 133, 140,
 153, 313-315, 317, 320, 325,
 367, 378, 380, 383,
 Cannon, Annie Jump – 196,
 Carnegie, Andrew – 180, 368,
 Carnegie Enstitüsü – 179,
 Cassini, Giovanni Domenico – 89-
 92,
 Chadwick, James – 273, 274, 280,
 288,
 Challenger – 417,
 Chandrasekhar, Subrahmanyan –
 349,
 Charleroi – 152,
 Charles V – 41,
 Chicago – 177-179,
 Chicago Üniversitesi – 178, 202,
 203, 205, 247,
 Chown, Marcus – 357, 421,
 Churchill, Winston – 375,
 Christian IV – 55,
 Clarke teleskobu – 231,
 Clerke, Agnes – 184,
 CMB radyasyonu – 308-311, 338,
 339, 395-403, 407-411, 413-417,
 419-424, 432, 433, 438,
 COBE – 417-419, 420-425, 431,
 432, 438, 439,
 Cockcroft, John – 286,
 Columbia Üniversitesi – 389, 390,
 Commentariolus – 42-44,
 Comte, Auguste – 215, 222,
 Coulson, Charles – 441,
 Cremona Gerard – 40, 41,
 Crick, Francis – 189,
 Curie, Marie – 265, 266, 275, 288,
 Curie, Pierre – 265, 275, 288,
 Curtis, Heber – 182-185, 211, 213,
 Cygnus A – 380,
 D'Aueroche, Jean – 133, 134,
 D'Oresme, Nicole – 41,
 Daguerre, Louis – 192, 193,
 Darwin, Charles – 80, 324, 336,
 Davis, Emler – 330,
 Davisson, Clinton J. – 369,
 De Mundi Aetheri – 54, 55,
 De Revolutionibus – 45-49, 51, 55,
 57, 67, 71,

- Delta Sefe yıldızı – 189, 190,
 dış çember – 36, 38, 49, 121, 126,
 145, 337,
 Dicke, Robert – 395-397, 399, 400,
 447,
 Dirac, Paul – 313,
 DIRBE – 417, 420,
 Djerassi, Carl – 430,
 DMR – 417, 421, 423, 424,
 Doppler, Christian – 227,
 doppler etkisi – 226-230, 235, 251,
 335, 414, 416,
 Downs, Hugh – 441,
 Draper, Henry – 194,
 Draper, John – 194,
 Dyson, Frank – 132,
 Dyson, Freeman – 443,
 Eddington, Arthur – 132-138, 140,
 153, 248, 249, 259-261, 313,
 353, 434, 447,
 Eflatun – 35, 284,
 Ehrenfest, Paul – 120,
 Einstein, Albert – 30, 97-107, 109-
 114, 117-122, 124-130, 132, 133,
 135-137, 139-145, 147, 149-153,
 155-157, 161, 183, 189, 229,
 249, 251-255, 259, 276, 278,
 320, 329, 341, 399, 425, 430,
 434,
 Einstein, Hermann – 105,
 elektromanyetik radyasyon – 217,
 enflasyon teorisi – 434-436, 448,
 Eratosthenes – 17-19, 21, 22, 24-27,
 170, 186,
 esir maddesi – 93-97, 100-102, 138,
 141, 203, 247, 285, 337,
 Eta aquilae – 189,
 European Ariane – 418,
 Fabricius, David – 62,
 Fermi, Enrico – 303, 349,
 Fernie, Donald – 347,
 Ferris, Timothy – 441,
 FIRAS – 417, 420,
 fisyon – 275-277,
 Fleming, Alexander – 375,
 Fleming, Williamina – 194-196,
 343,
 Floransa – 88,
 fotoelektrik etki – 105,
 Fowler, Willy – 363, 365, 367,
 Frankfurter Zeitung – 139,
 Frauenburg – 42, 44, 45, 47,
 Frederik II – 53, 55,
 Frederik III – 168,
 Frederiks, Vsevolod – 333,
 Freundlich, Erwin – 127-131,
 Friedmann, Alexander – 145-147,
 149-152, 154-156, 161, 233,
 237, 241, 248, 249, 252, 284,
 329, 333, 399, 425, 430, 437,
 447,
 Fry, Art – 374, 375,
 füzyon – 276-281, 302,
 Galilei, Galileo – 63-78, 88, 98-101,
 103, 108, 112, 115, 116, 126,
 141, 142, 162, 194, 224, 234,
 256, 331, 337, 368, 442,
 Gama Leonis – 193,
 Gamow, George – 283-297, 299-303,
 306, 308-311, 315, 323, 325,
 329, 330, 333, 353, 359, 360,
 364, 365, 382, 384, 394-396,
 399-401, 408, 425, 431-434,
 445, 447,
 Gauss, Carl Friedrich – 431,
 Geiger, Hans – 268-270, 274,
 Gelibolu – 131,
 genel izafiyet teorisi – 114, 121,
 126, 128, 129, 132, 133, 135,
 137, 140-145, 147, 154, 155,
 157, 249, 253, 264, 320, 329,
 430, 434,
 George I – 163,
 George III – 163, 166, 368,
 George Washington Üniversitesi –
 286, 290, 292, 296,
 Girdap nebulası – 176, 177,

- Gold, Thomas – 315, 317-320, 323, 329, 331, 335, 352, 379-387, 403,
- Goodricke, John – 187-191, 196,
- Göttingen – 278,
- GPS – 111,
- Graz – 55,
- Grossman, Marcel – 120,
- Guth, Alan – 434, 436, 448,
- H II bölgesi – 351,
- Haldane, J. B. S. – 439,
- Hale, George Ellery – 177-181, 343,
- Hale teleskobu – 344,
- Halley, Edmund – 225,
- Hanover – 162,
- Harvard Rasathanesi – 153, 194, 197, 207, 343,
- Harvard Üniversitesi – 196,
- Harwit, Martin – 385,
- Hauser, Mike – 417,
- Hawking, Stephen – 335, 425,
- He Megale Syntaxis – 37,
- Henry, Prosper – 194,
- Herakleides – 29,
- Herakleitos – 82,
- Heredot – 17,
- Herman, Robert – 302, 304, 306, 308-311, 315, 353, 364, 394-396, 399, 401, 419, 431-434, 440,
- Herschel, Friedrich Wilhelm (William) – 162-167, 170, 171, 173, 174, 186, 189, 192, 234, 368,
- Herschel, John – 170, 192, 193,
- Hertzsprung, Ejnar – 201,
- Hess, Viktor – 154,
- Hey, Stanley – 375-378,
- Hoffmann, Roald – 430,
- Hooker, John – 180, 368,
- Hooker, Robert – 115,
- Hooker teleskobu – 180, 181, 206, 208, 252, 342,
- Houtermans, Fritz – 278-281, 289,
- Hoyle, Fred – 312-320, 322-326, 329, 331, 333-335, 347, 352, 354-357, 359, 361-368, 380-387, 390, 397, 403-407, 431, 440, 443,
- Hubble, Edwin Powell – 202, 204-215, 233-243, 248-252, 254-258, 261, 290, 295, 308, 311, 315, 317, 329, 330, 341, 342, 345, 347-349, 386, 399, 425, 431,
- Hubble sabiti – 239, 240,
- Huggins, Margaret – 224, 229,
- Huggins, William – 223, 224, 227, 229, 230,
- Humason, Milton – 234, 235, 239, 241-243, 252, 258,
- Hutton, James – 82,
- Huxley, Thomas – 16
- Hven – 53,
- Hyades takımıyıldızı – 132,
- ıraklık açısı – 31, 32,
- İbn-i Heysem – 88
- İbn-i Sina – 88,
- İkizler takımadası – 242,
- Independent – 431, 433,
- insani ilke – 362, 363, 443, 444,
- interferometri – 379,
- İo – 89-91,
- İskenderiye – 18, 19, 21, 35,
- İskenderiye Kütüphanesi – 18,
- İsveç Bilim Akademisi – 201,
- İtiraflar – 448,
- izafiyet kuramı – 98, 100, 101, 108, 112, 259, 285,
- Jansky, Karl – 369-374, 387, 388, 398,
- Janssen, Jules – 223,
- Jastrow, Robert – 397, 446,
- John Paul II – 442,
- Johnson, Samuel – 187,
- Jüpiter – 28, 33-35, 67, 68, 71-73, 75, 89-91, 128, 163, 181,
- Kant, Immanuel – 173, 174, 176,
- Kanuni Sultan Süleyman – 51,

karanlık enerji – 439,
karanlık madde – 259, 436, 437,
Kellogg Radyasyon Laboratuvarı – 362,
Kepler, Johannes – 55-58, 60-63, 65-67, 75, 80, 116, 117, 122, 126, 142, 337, 368,
kırmızıya kayma – 229, 230, 234, 235, 241, 243, 248, 250, 252, 257, 258, 295, 311, 317, 329, 338, 339, 346, 348, 385, 386, 408, 409,
Kirchhoff, Gustav – 221-223,
Koestler, Arthur – 37,
konuşmalar – 74, 76, 77,
Kopernik, Mikolaj – 41-51, 55, 57, 58, 60, 63, 67, 69-71, 75, 99, 113, 116, 126, 142, 152, 167, 170, 234, 337, 368, 442,
kozmoji prensibi – 142, 143, 320,
kozmoji sabiti – 144, 145, 147, 149, 150, 153, 156, 253, 255,
Kozyrev, Nikolai – 333,
Königsberg – 168,
Kraliyet Akademisi – 137, 139, 189, 191,
Kraliyet Astronomi Akademisi – 137, 192,
Kraliyet Astronomi Topluluğu – 248,
kuantum fiziği – 447,
kuasar – 386, 387,
Kuhn, Thomas – 336,
Kusalı Nikolas – 41,
kusursuz kozmoji prensibi – 320,
Küçük Macellan Bulutu – 198-200, 212,
kütlesel sıkışık hale objeleri – 437,
La Palma Rasathanesi – 177, 211,
La Roux, Emile – 398,
Langevin, Paul – 288,
Lapseki – 22,
Laslett, Peter – 325,
Lavoisier, Antoine – 430,

Le Gentil, Guillaume – 134,
Le Verrier, Urban – 122, 124,
Leavitt, Henrietta – 196-200, 202, 209, 212, 343, 345,
Lemaitre, Georges – 152-156, 161, 233, 237, 241, 248, 249, 252-256, 259, 260, 287, 329, 331, 332, 352, 382, 399, 425, 430,
Leningrad – 151, 284,
Lentiküler altokümülüs – 319,
Leslie, John – 443,
Libri, Giulio – 71,
Lippershey, Hans – 65,
Listener (dergisi) – 326,
Liverpool – 134,
Lockyer, Norman – 223,
Lodge, Oliver – 138,
Londra – 232, 379, 383,
Lord Kelvin – 81, 93,
Lorentz, Hendrik – 137,
Los Alamos – 281, 290, 309,
Los Angeles – 342, 344,
Louis XV – 171,
Louvain Üniversitesi – 152, 153, 399,
Lov, V. E. – 333,
Lovell, Bernard – 378,
Lowell Rasathanesi – 234,
Lyell, Charles – 82,
Macellan, Ferdinand – 198,
MACHOs – 437,
Magdeburg – 92,
Maline – 152,
Manchester – 378,
Manhattan Projesi – 290, 293,
Maric, Mileva – 105,
Mars – 28, 33-36, 57, 58, 61, 163, 202, 231, 344,
Marsden, Ernest – 268-270, 274,
Massachusetts – 196,
Mather, John – 416, 417, 421,
Mathias, Berndt – 16,
Mauritus – 134,

maviye kayma – 229, 230,
 Melvill, Thomas – 219,
 Mendeleev, Dmitri – 189, 266,
 Merkür – 28, 33, 57, 67, 69, 122-
 127, 139, 142, 163,
 Messier, Charles – 171,
 Mestral, George de – 374,
 Michelson, Albert – 93-97, 100-102,
 203, 247,
 Millikan, Robert – 203, 258,
 Milne, Arthur – 257,
 MIT – 153, 292, 395,
 Mittag-Leffler, Gösta – 201,
 Minkowski, Hermann – 104,
 Montreal – 395,
 Morley, Edward – 95, 100-102,
 Moseley, Harry – 131,
 Moskova – 334,
 Mount Palomar – 343, 344, 380,
 Mount Wilson – 179, 180, 207, 208,
 233, 343, 344, 349,
 Mount Wilson Rasathanesi – 182,
 205, 208, 211, 234, 252, 255,
 258, 342,
 Mullard Rasathanesi – 383,
 Murmansk – 285,
 Münih – 388, 389,
 Mysterium cosmographicum – 57,
 Narlikar, Jayant – 403, 404,
 NASA – 416-419,
 Nature (dergisi) – 248, 324,
 New Jersey – 369, 392, 393,
 New York – 178, 232, 302, 389, 393,
 396, 401,
 New York City Üniversitesi – 389,
 New York Times – 139, 255, 372,
 398, 399, 415,
 Newsweek – 297, 425,
 Newton, Isaac – 114-118, 121-127,
 129, 132, 135-139, 141, 143-
 145, 284, 368,
 NGC 221 – 242,
 NGC 379 – 242,

Nikolas II – 146,
 Nobel – 93, 98, 201, 203, 257, 267,
 286, 288, 331, 348, 349, 367,
 369, 389, 400, 403, 406, 430,
 433,
 Nuremberg – 45,
 nükleer fizik – 247, 273, 278, 283,
 284, 286, 289, 309, 363,
 O'Connell, Daniel – 332,
 Occamlı William – 49, 50,
 Odessa – 283, 292,
 Odessa Novorossia Üniversitesi –
 284,
 Olbers, Wilhelm – 170, 405,
 Osiander, Andreas – 45, 47, 48,
 Otuz yıl savaşı – 76,
 Oxfoed Üniversitesi – 49, 131, 196,
 203, 215,
 özel izafiyet teorisi – 106, 107, 109,
 111-114, 117, 141, 276,
 Papalık Bilim Akademisi – 330,
 331,
 Paris – 89, 134, 266, 445,
 Paris Bilim Akademisi – 89,
 Parsons, William (Kont Rosse) –
 174-177, 368,
 Partenon – 25,
 Pasadena – 179, 209, 254, 255,
 Pasteur, Louis – 375,
 Paul III – 47,
 Pauli, Wolfgang – 266,
 Payne, Cecilia – 138,
 Peebles, James – 395-397, 399, 436,
 Peierls, Rudolf – 313,
 Penrose, Roger – 335,
 Penzias, Arno – 388-398, 400-403,
 406, 408, 411, 424, 425, 431,
 432,
 Perseus takımyıldızı – 187,
 Philolaus – 29,
 Physical Review – 16, 295, 330,
 Pickering, Edward – 194-196,
 Pigott, Edward – 187, 189-191,

Pigott, Nathaniel – 186,
 Pisagor – 15, 16, 27, 43, 63, 96, 115,
 Pitt, William – 168,
 Pius XII – 330, 331, 441,
 Planck, Max – 78, 113, 121,
 plazma – 302, 304, 306, 308,
 Pluto – 170,
 Poincare, Henri – 25,
 Pondicherry – 134,
 Potsdam Rasathanesi – 131,
 Poupard, Paul – 442,
 Prag – 55, 56, 76,
 Pravda – 284,
 Princeton Rasathanesi – 193, 213,
 Princeton Üniversitesi – 395-397,
 401,
 Principe adası – 134-137,
 Priestly, Joseph – 430,
 Procyon – 225,
 Prusya – 93,
 Prusya Akademisi – 132,
 Przemsyl – 147,
 Pulkovo Rasathanesi – 333,
 pulsar – 161, 162, 367,
 Purcell, Edward – 398,
 Rabi, Isidor Isaac – 98,
 Radyo astronomisi – 372, 373, 375,
 377, 378, 383, 387, 389-391,
 393, 394,
 Radyo galaksileri – 380, 385,
 radyoaktivite – 154, 155, 215, 264,
 265, 267, 275, 446,
 Ratcliffe, John – 266,
 Rees, Martin – 335, 368, 442-444,
 Rheticus – 45-48, 57, 61,
 Rhodes, Cecil – 203,
 Rice Üniversitesi – 390,
 Robinson, Thomas Romney – 174,
 Roma – 45, 77, 347
 Römer, Ole – 89-92,
 Röntgen, Wilhelm – 15,
 RR Lyrae yıldızı – 343-346,

Rudolph II – 55,
 Russell, Henry Norris – 213,
 Rutherford, Ernest – 266-274, 277,
 288, 337,
 Ryle, Martin – 378-385, 431,
 Sabit Evren Modeli – 316, 320, 321-
 326, 329, 331, 333-336, 338-
 342, 348, 352-354, 363-365,
 369, 378, 379, 381, 383-387,
 395, 397, 403, 405-409, 411,
 423, 431, 440, 447,
 sakınma çemberi – 183, 184, 213,
 Sagan, Carl – 214, 441,
 San Francisco – 93,
 Sandage, Allan – 349-352,
 Saraybosna – 131,
 Satürn – 28, 33-35, 163, 407,
 Scheele, Carl Wilhelm – 430,
 Schmidt, Maarten – 385,
 Schwarzschild, Karl – 131, 132,
 Sciamia, Dennis – 335, 336, 387,
 Science News-Letter – 334,
 Scientific American – 399,
 Sefe değişkeni – 190, 191, 197-201,
 209, 210, 212, 343, 345, 346,
 350, 354,
 Selig, Carl – 98,
 Shapley, Harlow – 182-185, 201,
 207, 211-214,
 Shmaonov, Tigran – 398,
 Silberstein, Ludwig – 133,
 Sirius – 165, 170, 225, 229,
 Sizi, Francesco – 71,
 Skellet, Melvin – 371,
 Sky & Telescope (dergisi) – 421,
 441,
 Slipher, Vesto – 231-235,
 Smoot, George – 413-417, 419, 420,
 423-425,
 Sobral – 134-136,
 Solvay konferansı – 156, 285, 288,
 352,
 Sombrero galaksisi – 232,
 Spektroskop – 215, 221, 439,

spektroskopik emisyon – 220, 221,
 spektroskopik soğurma – 220, 221,
 St. Petersburg – 145, 333,
 St. Petersburg Üniversitesi – 146,
 stad – 19,
 Steklov, Vladimir – 146, 147,
 Sydney – 383,
 Syene – 18, 19, 21,
 taşıyıcı – 35, 38, 49, 121, 145, 337,
 tekillik – 446,
 Thomson, George – 331,
 Thomson, J. J. – 139, 267-271, 274,
 Times – 139,
 Toledo – 40, 41,
 Torun – 42,
 Townes, Charles – 389,
 Töton şövalyeleri – 44,
 Turkevich, Anthony – 303,
 Turner, Herbert – 215,
 Tübingen Üniversitesi – 281,
 Twain, Mark – 125,
 Ukrayna Fizik-Teknik Enstitüsü –
 280,
 Uluslararası Astronomi Birliği –
 333, 347, 387,
 UNESCO Kalinga Ödülü – 325,
 Uraniborg – 52-55, 89,
 Uranüs – 163, 166,
 Urban VIII – 74, 76, 77, 331,
 Ussher, James – 80,
 uzayzaman – 117-120, 126, 127,
 129, 143,
 Ülker yıldızı – 194,
 Vatikan Rasathanesi – 332,
 Venüs – 28, 33, 67, 69-73, 75, 126,
 133, 134, 163, 186,
 Viktorya dönemi (çağı) – 80, 93,
 100, 102, 113, 138, 195,
 Viyana – 278, 315,
 Vokhminzeva, Lyubov – 284, 285,

von Frauenhofer, Joseph – 221,
 von Guericke, Otto – 92,
 Wackher, Johannes Matthaeus –
 63, 65, 368,
 Walpole, Robert – 374,
 Warrington Akademisi – 187,
 Washington – 297, 424,
 Washington Post – 297,
 Watson, James – 189,
 Weber, Heinrich – 104,
 Weinberg, Steven – 433,
 Wheeler, John – 120,
 Whitehead, Alfred North – 137,
 Wickramasinghe, Chandra – 403,
 Wigner, Eugene – 301,
 Williamson, Ralph – 324,
 Wilson, Robert – 390-398, 400, 402,
 403, 406, 408, 411, 424, 425,
 431, 432,
 WIMPs – 437,
 Wisconsin Üniversitesi – 370,
 WMAP – 438, 439,
 Xenophanes – 14,
 Yarı-Sabit Evren Modeli – 440,
 yengeç dönencesi – 18, 19, 26,
 Yengeç nebulası – 171, 172, 176,
 Yeniden birleşme – 306-308,
 Yerkes, Charles Tyson – 178, 179,
 368,
 Yerkes Rasathanesi – 178, 179,
 205,
 yıldız günü – 371,
 yıldız paralaksı – 31, 33, 38, 39, 43,
 72, 73, 167, 168, 201,
 ylem – 291, 296, 309, 402,
 yorgun ışık teorisi – 258, 259,
 zayıf ilişkili kütleli parçacıklar –
 437,
 Zeitschrift für Physik – 147, 279,
 Zhdanov, Andrei – 333,
 Zwicky, Fritz – 257-259, 436,

Hangi astronomun geyiği aşırı alkol almaktan ölmüştür?

Hangi bilim adamı Karadeniz'i bir kanoyla geçmeye çalışmıştır? Ve neden?!

Dünya'nın Güneş etrafında döndüğü iddiasını ilk ortaya atan kimdir aslında..?

Bu sorulara kayıtsız kalsanız bile, bilimin o en büyük sorusuna kayıtsız kalamazsınız:

Evren nasıl meydana gelmiştir?

İlk bakışta çok karmaşık görünen kavramları sadeleştirmekle ünlü olan Simon Singh, bu kitabında Big Bang teorisini ve ona gelinceye kadar astronomi ve bilim tarihini sade ve anlaşılabilir bir şekilde okuyucusuna açıklamakta. Popüler Bilim kitaplarında yeni bir sayfa açan yazar, Big Bang'i daha önce kimsenin anlatamadığı kadar sade bir şekilde romanlaştırmış.

Ayrıca birçok dahi ve tuhaf bilim adamının statükoya, baskıcı ve tehditkar bilim anlayışlarına karşı verdiği savaş, Bilimin ve Big Bang'in Romanının sayfalarında sizi beklemekte.

Simon Singh evrenin nasıl meydana geldiğini harika bir dille anlatıyor. Zamanda geçmişe ve ötesine, Pisagor, Kopernik ve Einstein gibi ünlü filozof ve bilim adamlarıyla birlikte bir yolculuğa çıktığınızı düşünün. Her şeyi anlayabilmeniz için ihtiyaç duyduğunuz rehber de bu kitap.

"Akıl Oyunları" kitabının yazarı Sylvia Nasar

Bu kitap muhteşemdi. Simon Singh'in zihin açıcı ve açıklayıcı olduğunu zaten biliyordum, ama Big Bang'in bu kadar eğlenceli olabileceği hiç aklıma gelmezdi.

"Kaos" kitabının yazarı James Gleick