ANDREW MAY

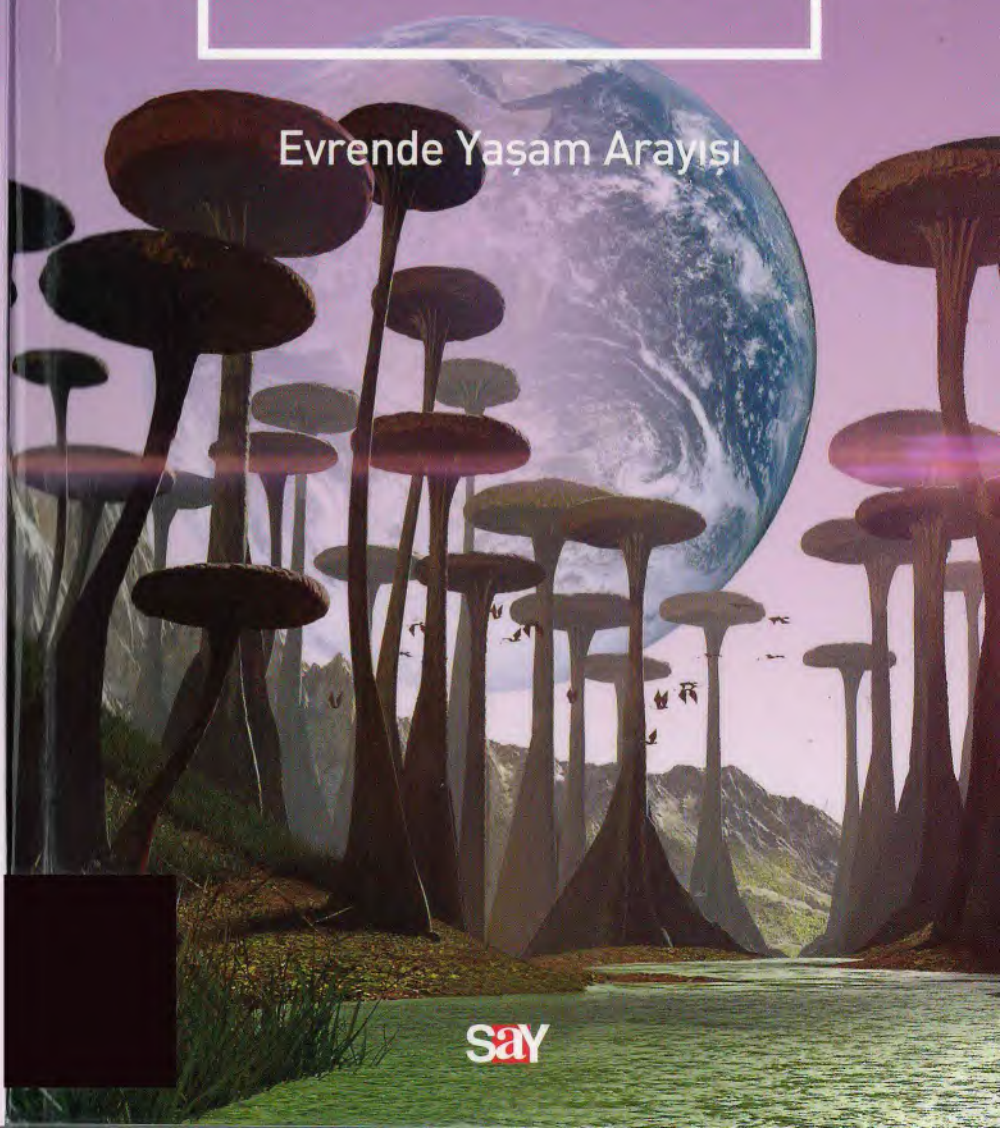
ASTROBİYOLOJİ

ANDREW MAY

Çeviren: Yazgı Evrim Denizci

ASTROBİYOLOJİ

Evrende Yaşam Arayışı



SAY

ASTROBİYOLOJİ

Yazar Hakkında

Bağımsız bir yazar ve bilim danışmanı olan Andrew May'in doğa bilimlerinden, askeri teknolojilere, İngiliz tarihinden, paranormal konulara dek geniş bir yelpazede yazıları bulunuyor. Yeni çıkan kitapları arasında Newton ve Einstein'ın cepkitabı boyutundaki biyografilerinin yanı sıra, sözdebilim ve bilimkurgu arasındaki farkla ilgili zihin açıcı bir çalışma olan *Destination Mars* (İstikamet Mars) ve "Hot Science" serisinden çıkan *Cosmic Impact* (Kozmik Etki) yer almaktadır. Yazar May, Somerset'te yaşıyor.

ASTROBİYOLOJİ

Evrende Yaşam Arayışı

ANDREW MAY

İngilizceden Çeviren:
Yazgı Evrim Denizci

say

Say Yayınları
Popüler Bilim

Astrobiyoloji: Evrende Yaşam Arayışı / Andrew May
Özgün adı: *Astrobiology: The Search for Life Elsewhere in the Universe*

© 2019 Icon Books Ltd

Türkçe yayın hakları Akcalı Ajans aracılığıyla © Say Yayınları
Bu eserin tüm hakları saklıdır. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılan kısa alıntılar hariç yayınevinden yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, hiçbir şekilde kopyalanamaz, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

ISBN 978-605-02-0903-7
Sertifika no: 10962

İngilizceden çeviren: Yazgı Evrim Denizci
Yayın koordinatörü: Sinan Köseoğlu
Editör: Gamze Büyükkaya

Baskı: Dörtel Matbaacılık
Zafer mah. 147. Sk. 9-13A
Esenyurt/İstanbul
Tel.: (0212) 565 11 66
Matbaa sertifika no: 40970

1. baskı: Say Yayınları, 2022

Say Yayınları
Ankara Cad. 22/12 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Tel.: (0212) 512 21 58 • Faks: (0212) 512 50 80
www.sayyayincilik.com • e-posta: say@sayyayincilik.com
www.facebook.com/sayyayinlari • www.twitter.com/sayyayinlari
www.instagram.com/sayyayincilik

Genel Dağıtım: Say Dağıtım Ltd. Şti.
Ankara Cad. 22/4 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Tel.: (0212) 528 17 54 • Faks: (0212) 512 50 80
internet satış: www.saykitap.com • e-posta: dagitim@saykitap.com

İÇİNDEKİLER

1. Yerküre'nin Ötesinde Hayat 7
2. Uzaylılar Hakkında Düşünmek 19
3. Dünya Dışı İletişim 39
4. Yıldızlararası Mühendislik 63
5. Mütevazı Başlangıç 85
6. Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenler 111
7. İlk Temas 135

Daha Ayrıntılı Bilgi İçin 147
Dizin 153

YERKÜRE'NİN ÖTESİNDE HAYAT

1

Temmuz 2018'de, İngiliz gazetesi *Daily Express*'te yayımlanan bir makalenin çarpıcı başlığı şuydu: *Uzaylılar Europa'da: NASA, Jüpiter'in Uydusunda Yüzeyin Yalnızca 1 cm Altında Yaşam Arıyor.* İletilen mesajın etkisi göz alıcı bir imajla da pekiştiriliyordu. Grafiğin bir yanında Europa'nın bir fotoğrafı vardı: Koyu renkli çaprazlama yarıklarıyla, katı buz tabakasından pürüzsüz yüzeyiyle bizim Ay'ımıza hiç mi hiç benzemeyen esrarengiz bir dünya. Diğer yanda da bir ressamın kaleminden tipik bir "uzaylı" çizimi: Kurşuni cilt rengi dışında, sivri kafası, saçsız alın bölgesi, iri gözleri ve incelikli yüz hatlarıyla bariz bir insansı görünüm.

Ancak makalenin girişi ilginçti: *Jüpiter'in uydusu Europa'da uzaylı yaşamı bulmayı uman bilim insanlarının arayışı, yüzeyin yalnızca 1 cm altında mikropların yaşadığını ortaya çıkaran bir çalışma sonrasında pek de uzun sürmeyebilir.* Peki neler oluyor? Europa'ya giden NASA, büyük beyinli, insansı uzaylıların mı yoksa mini minnacık mikropların mı peşinde? Yazıyı okumaya devam ettikçe cevabın ikisi de olmadığı anlaşılıyordu. *Express*'teki makale, yalnızca başlamak üzere olan bir uzay görevinin suflesini vermiyor, bilimsel bir tümdengelimin akıllıca bir bilgilendirmesini sunuyordu. Genel kabule göre, Europa'da yaşam varsa –ve evet burada konuşacağımız şey mikroskobik organizmalar olacak– bu yaşam, buzlu yüzeyin birkaç kilometre altındaki sıvı su okyanusunda olacaktır. *Exp-*

ress'in değindiği bu yeni gelişme, yaşamın kimyasal izlerinin –örneğin, proteinler ve DNA gibi karmaşık moleküller– buzun yüzeyine yakın bir yerlerde bulunmaları dolayısıyla bir uzay sondası tarafından tespitlerinin kolaylaştığı iddiasıdır. Fikrin kökeni daha önce *Nature Astronomy* dergisinde yayımlanan bilimsel bir çalışmadaydı ve çıkarım şöyleydi:

> Bu sonuçlar, Europa'nın yüzeyine yapılacak olan gelecekteki uzay görevlerinde, endojenik materyalin bileşiminin incelenmesinde ve potansiyel biyogöstergelerin* araştırılmasında, materyal ararken en derin noktalara kazmanın gerekli olmadığını gösteriyor.

Gerçek bilim bu ve *Daily Express* gibi gazetelerde bunun geniş çapta yer bulması prensipte yanlış değil fakat gazetenin konuyu sunuş biçimi –ve tabii popüler medya bu tip hikâyeleri de fazlaca yazdığı için– okuyucularda, aydınlanmadan ziyade kafa karışıklığı oluşturdu. Söylenmek istenen, NASA'nın Europa'da insansı uzaylılar olduğuna inandığı mı? Aynı gazete, Yerküre'de rastlanan uzaylılara dair anekdotları çarşaf çarşaf paylaşırken Europa'ya kadar gitmek neden? NASA, Europa'da hayat aramak için bir uzay sondası mı gönderiyor, yoksa bu, ilerisi için mi planlanıyor? Büyük gözleri ve kafaları dışında uzaylıların bize oldukça benzediğini herkes bilirken, bu dünya dışı mikroorganizmalardan neden bu kadar uzun uzadıya bahsediyorlar?

Bütün bunlar ve daha fazlası bu kitapta incelenecek. Astrobiyoloji, Yerküre'nin ötesindeki yaşam olasılığını akla uygun tüm yönleriyle ele alan geniş kapsamlı bir konudur. Yine de basit bir soruyla başlayalım.

---

* Endojenik, "yeraltında biçimlenmiş" demenin daha süslü bir yoludur. Unutmadan, "biyogöstergeler" için de durum aynı ve ilerleyen sayfalarda hepsi açıklanacak.

Yerküre'de Hayat Var mı?

Gezegenin yüzeyinde yaşayan bizler açısından bakıldığında dünyada hayat olduğu aşikâr. Dış uzaydansa bunu tespit etmek o kadar da kolay değil. Gezegen geceleri şehir ışıklarıyla bezeli, yörüngede binlerce küçük yapay uydu var, radyo spektrumunda (görünge) hiçbir doğal açıklaması olamayan yapısal sinyaller vızır vızır ve atmosfer, sanayi atıklarına bulanmış durumda.

Fakat bunların tümü sadece bir yüzyıl ya da biraz daha fazlasını ilgilendiren bir mesele: Yerküre'nin 4,5 milyar yıllık yaşamından oldukça ufak bir kesit. Yerküre çok daha uzun –bu, gün gibi açık diyemesek de– belki 4 milyar yıl gibi bir süredir var olmakta. Sadece bir milyar yıl öncesine kadar tüm bu yaşam, (bugün bile yaşamın geniş çoğunluğunu oluşturan) küçük tek hücreli organizmalar –yani bilim insanlarının çokça sözünü ettiği mikroplar– formundaydı. Aşağıdaki tablo, karmaşık formların zaman içinde evrimleşmesini ve Yerküre'deki hayata eklenme sürecini gösteriyor.

Yerküre'deki hayatın evriminin köşe taşları (tarihler yaklaşıktır)

Günümüz öncesi zamanlar (milyon yıllar)	Yerküre'deki yaşamın evrimi
4.500	Yerküre'nin biçimlenmesi
4.000	İlk tek hücreli yaşam formları
1.700	Mikroskobik çok hücreli organizmalar
600	Küçük deniz hayvanları; deniz yosunları
450	Balıklar; karasal bitkiler; böcekler
350	İlk karasal omurgalı hayvanlar (amfibiler); ağaçlar
180	Jura devri dinazorları; çiçekli bitkiler
50	İlk lemur benzeri primatlar
3,5	İlk alet yapan insansılar (hominid)
0,3	*Homo sapiens*

Bu tablodan, Yerküre'deki hayatın bir tanımlama meselesi olduğu sonucu çıkıyor. Bir bilim insanına göre "yaşam", yaşayan her türden canlıyı –sadece yüksek güçlü bir mikroskopla görülebilse dahi– kapsar. Bu tanıma göre Yerküre, tarihinin yüzde doksanlık kısmında hayata ev sahipliği yapagelmekte. Öte yandan, bilimkurgu filmleriyle ve UFO görüntüleriyle dolu gazetelerle yetişenlerin, "yaşamı" teknolojik olarak kavranan bir medeniyetle denk tutmaları daha mümkün ve bu durumda yüzde 90'lık oran birdenbire yüzde 0,000002'ye düşüş yapmakta.

Yerküre benzeri başka gezegenlerde hayat arayacaksak, onu bu iki tanımlamayla bulmamızın karşılaştırmalı yolu nedir? 4,5 milyar yıllık tarihi boyunca Yerküre'nin farklı zamanlarda rastgele çekilmiş fotoğraflarına bakarak kabaca bir tahmin yapabiliriz. Buradan hareketle –ufo bilimcilerinin ya da bilimkurgu hayranlarının tanımıyla– yaşamı bulma şansı neredeyse sıfıra yakındır. Öte yandan, bilim insanının gözüyle baktığımızda, oldukça fazla olasılık var.

O zaman –bilim insanının hayat tanımlamasına– biraz daha yakından bakalım. Yaşamın doğasını saptamak, hayret uyandıracak şekilde zor ve varılan kesin sonuçlar bilimin farklı alanlarında çalışan uzmanlar arasında farklılık göstermekte. Konu astrobiyoloji olduğunda NASA'nın 1990'larda yaptığı temel tanımlama iyi bir başlangıç noktası:

> Yaşam, Darwinci evrim kapasiteli, kendi kendini sürdüren, kimyasal bir sistemdir.

Az ve öz olması gönüllere su serpse de, tanım birkaç ifadeye bölünüyor. İlk bölüm, "kendi kendini sürdüren", yeterince açık fakat sonraki, "Darwinci evrim kapasiteli" kısmı pek çok ayrıntı barındırıyor. Kendini idame ettiren kimyasal sistemimiz evrilmeye yetkin ve formunu zaman içinde değiştirir

anlamında da değil sadece. İlk olarak, değişimin doğan, büyüyen ve ölen nesiller boyu, peş peşe oluştuğuna dair kesin bir varsayım mevcut. Sonrasında, "Darwinci" sözcüğü var, ki yaşayan türlerin evrildiği varsayımının ötesine de geçen Viktoryen Dönemi doğabilimcisi Charles Darwin'in adıdır. Darwin türlerin, çevrelerinin değişen koşullarına adapte olmak için evrildiğini ve bunu doğal seleksiyonla ya da "en çok uyum sağlayanın hayatta kalması"yla yaptıklarını ileri sürer.

Bu tanımın güzelliği, Yerküre'de 4 milyar yıl önce ortaya çıkmış tek hücreli organizmalardan –ve bunlar, bize benzeyen yarı-uygar primatlar aracılığıyla Europa'nın buz tabakalarının altında saklanıyor olabilirler– zar zor hayal edebileceğimiz çok daha gelişkin hayat formlarına kadar her şeyi kapsıyor olmasında. Bu kitabın konusu olan astrobiyoloji, yaşam görüngesinin neresine düşerse düşsün, Yerküre ötesi yaşam olasılığıyla ilgilenir. "Astro" kelimesinden de anlaşılacağı üzere astrobiyoloji, astronominin bir alt dalıdır ve aynı tip teleskopları, uzay sondalarını ve astronomların dış uzayın herhangi bir bölümünde uyguladıkları teorik teknikleri kullanır.

Bölüme başlarken *Nature Astronomy* dergisindeki bir bilimsel yazıdan alıntıda, birtakım çok heceli kelimelerle karşılaştık. O kelimelerden biri olan "biyogöstergeler", bu kitaptaki en önemli kelimelerden biri olacak. Hemen yukarıda, dış uzaydan gözlem yapan bir gözlemcinin Yerküre'deki medeniyetimizle ilgili hayata dair neleri ortaya çıkarabileceğini gördük; yapay ışıklar, uydular, radyo sinyalleri vb. Fakat daha ilkel yaşam formlarını –ve bunlar biyogöstergeler olarak bilinirler– keşfetmenin daha başka incelikli yolları bulunur. En önemlisi, yaşayan organizmalardır ve atık olarak kendilerini belli eden kimyasallar üretirler, ki bunların canlı olmayan süreçler üzerinden açıklanması oldukça zor olurdu. Bu

kimyasal "göstergelerin", teleskoplar ya da uzay aracı tabanlı algılayıcılar aracılığıyla astrobiyologlar tarafından tespit edilmeleri mümkündür.

Yaşam görüngesinin en üst noktasında biyogöstergeler, "teknogöstergelerle", yani teknolojik olarak gelişmiş bir uygarlığın saptanabilir belirtileriyle birleşir. Kitap ilerledikçe göreceğimiz üzere, burada çok sayıda olasılık var ancak belki de en belirgin ve yapay olup da bizim için kabul edilebilir olanı planlı bir tür yıldızlararası iletişimdir. Tarihi açıdan bakarsak, astrobiyolojideki ilk pratik çabalar da, SETI* –(Dünya Dışı Zekânın Aranması)– adı altında bu tür iletişimleri amaçladı. SETI, kendini geliştirerek yoluna devam ediyor fakat "zekâ" kelimesini bilimin diğer dallarında çalışan insanların farklı yönde kullanması kafaları karıştırıyor.

Bir biyoloğa ya da psikoloğa göre zekâ, kavrayış ve mantıklı muhakeme kapasitesidir. Bu tanımlamaya göre insanlar, binlerce yıl önce de bugünkü kadar zekiydiler. Yine de uzaktan-sezen bir perspektiften bakarsak, ilkel hayvanlarınkiyle belirgin şekilde ayrıştığı tespit edilebilir özellikler ortaya koymadılar. Sonuçta bunu söylemek rencide edici olsa da, Büyük İskender ya da Lao Tzu veyahut Akhenaton, SETI araştırmacılarının standartlarına göre düpedüz "zeki" değildiler. Onlar sadece biyogöstergeler ürettiler, teknogöstergeler değil.

İnsanların sözcük seçimleri üzerine laf çevirmeye başladığıma göre, size bir konu daha. SETI her ne kadar astrobiyolojinin alt dalı olsa da, bir SETI sinyali gelirse ve saptanırsa sinyalin kökeninin mutlaka biyolojik olacağını kim diyebilir ki? Organik tasarımcılarından sağ kurtulan gelişmiş bir AI –*artificial intelligence* (yapay zekâ)– işi de olabilir. Böyle bir AI'nın "yaşam" teşkil edip etmediği tartışmasını felsefecile-

* (İng.) Search for Extraterrestial Intelligence. (Çev.)

re bırakıp bunun NASA'nın tanımına uymadığını çabucak söyleyebiliriz. Bu bir "kimyasal" sistem değildir ve Darwinci doğal seleksiyondan* ziyade zekice sürümlenmiş evrimin sonucudur.

Biyogöstergeleri ve teknogöstergeleri birbirleriyle örtüşen diziler olarak düşünebiliriz. İlki, her türden biyolojik hayatı (teknolojik olsun ya da olmasın) arıyor, ikincisi ise her türden teknolojik uygarlığı (biyolojik olsun ya da olmasın) arıyor. Dünyadaki son birkaç milyar yıllık durumu düşünüldüğünde, ilkinin şansının oldukça yüksek olduğunu, ikincisinin ise samanlıkta iğne aramaya benzediğini söyleyebiliriz.

Neyse ki teknogöstergeler olasılığı o kadar da düşük olmayabilir. Yerküre'nin daha birkaç milyar yıllık ömrü olduğunu –umalım ki öyledir– unutmayalım. Bu süre zarfında ne olacağını kim bilebilir: Taş devrindeymişizcesine bizden ileride olan teknolojik bir toplum ya da bilgisayarlar tarafından yönetilen ya da insanların kendilerini dijital formda "yükleyebildikleri" ve galakside ışık hızıyla vızır vızır dolaştıkları insanüstü bir dünya?

4,5 milyar yıl kulağa inanılmaz eski gelse de, Yerküre galaktik açıdan oldukça genç. Yerküre benzeri en eski gezegenler neredeyse bizden iki katı yaştalar ve ortalama yaş, yüksek olasılıkla 6 milyar yıl. Böyle avantajlı başlayınca da, galaksimiz, süper-gelişmiş uzaylılarla dolup taşıyor olabilir.

Fermi Paradoksu

Enrico Fermi, 20. yüzyılın en önemli bilim insanlarından biridir. Nükleer fizik hakkındaki çalışmasıyla 1938'de Nobel Ödülü'nü kazandı ve İkinci Dünya Savaşı'nda New Mexi-

* Gelişmiş biyolojik türlerin dahi, işi Darwin'e bırakmaktansa genetik mühendisliği yoluyla kendi evrimlerini kontrol etmeleri olasıdır.

co'daki, Amerika'nın ilk atom bombalarının yapıldığı Los Alamos laboratuvarında çalışan ekibin bir parçasıydı. Fermi, savaştan sonra Chicago Üniversitesi'nde profesörlük unvanı aldı ve Los Alamos'u düzenli olarak ziyaret ederek, en son Soğuk Savaş silahı olan hidrojen bombasının geliştirilmesi sırasında danışmanlık yaptı.

1950 yazında yine böyle bir ziyaret sırasında, öğle yemeği yediği meslektaşlarıyla nükleer fizikle hiç alakası olmayan bir fikir tartışmasına girdi. Medyanın, bu görüldüğü iddia edilen uzay gemilerini tarif etmek için "uçan daire" lafını ortaya atmasından sadece üç yıl önceydi ve gazeteler hâlâ bu hikâyeleri manşetlere taşıyordu. Öyle anlaşılıyor ki, Los Alamos fizikçilerinin o gün tartıştıkları konu da buydu. *New Yorker* dergisinde uzaylı ziyaretçilerle ilgili, geniş yer ayrılan ve bir karikatür eşliğinde sunulan haberi –gizemli bir şekilde ortadan kaybolan büyük çöp tenekeleri– oldukça eğlenceli bulmuşlardı.

Bu uçan dairelerle ilgili sözüm ona kanıtlar bilim insanlarını pek de ikna etmedi çünkü her zaman başka kanıtlar, daha olası açıklamalar olduğunu görebiliyorlardı. Aynı zamanda galaksinin devasalığının da –hem inanılmaz derecede ileri olan yaşı hem de içinde sayısız yıldız bulunması anlamında– farkındaydılar ve gerçekten de her yerde dünyadışı varlıklar olmalıydı. Fermi bu sorunu basit bir soruyla dile getirdi: "Peki herkes nerede?"

Bu soru, tarihe Fermi Paradoksu olarak geçti: Uzayın uzaylılarla dolu olması gerektiği fikri ve yine de onlara dair hiçbir kanıt göremiyor olmamız... Fakat bu gerçekten bir paradoks mu? Kimilerine göre "galaksi uzaylılarla dolu olmalı" fikri, apaçık olmaktan fersah fersah uzaktayken, UFO'lara inananlar, "onlara dair bir kanıt görmediğimiz" iddiasıyla alay edebilirler. Biraz daha derinleştiğimizde, konuşulmayan bir varsayım olduğunu anlıyoruz: Uzaylılar varsa, onlara dair

bir kanıt görmeliyiz ve bu varsayım da öncekiler kadar tartışmaya açık. İşin aslı şu ki, bu üç önerme de yanlış *olmalı*. Dünya dışı zekânın yaygın olması gereğini ifade eden mantıkta da, onu saptayabiliyor olmalıyız diyen varsayımda da ya da dünya dışı zekâya dair bir kanıt yoktur iddiasında da bir hata bulunuyor. İlk iki noktaya değinebilmek için öncelikle konu hakkında çok daha fazla şey öğrenmek gerekir –4. Bölüm'de bu konulara tekrar döneceğiz– ancak sonuncuya hemen şimdi bakabiliriz.

Uzaylıların varlığına dair en ufak bir gözlemsel kanıt olmadığı gerçekten doğru mu? Buna itiraz etmeye hazır insanların sayısı hiç de az değil. "Tanımlanamayan uçan cisim" (UFO) terimi "dünya dışı uzaygemisi"yle anlamdaş olmalı. Şimdi, aralarında profesyonel pilotların ve astronotların da bulunduğu tanıkların bazı zamanlarda, tanımlayamadıkları uçan nesneler gördükleri belgelenmiş bir gerçek. Yani hiç kimse, tanımlanamayan uçan nesnelerin var olduğunu yadsıyamaz. Bu da, hiç kimse uzaylı uzaygemilerinin varlığını yadsıyamaz demekle aynı şey değil mi? Bu üç kelimeyi (tanımlanamayan –uçan– cisim) gramer olarak ayrıştırarak inceleme çabasına girenler için hayır, bu kesinlikle aynı şey değil fakat başkaları için bu iki ifade tamamen eşdeğerdir.

Uzaylılarla ilgili açıklanması olası daha pek çok "açıklanamayan gizem" bulunuyor. Haziran 1947'de New Mexico, Roswell'e bir şey çarptı ve askeriye bunu ilk olarak –daha sonra bu açıklamayı geri çekmiş bile olsalar– uçan daire olarak tanımladı. Bu kanıt yeterli değil mi? Eğer onlar, başka gezegenden gelen ziyaretçiler değilse, kadim Mısırlılara o devasa piramitleri yapmayı kim öğretti? New York'ta kaybolan çöp tenekelerinin sorumlusu uzaylılar değilse bile, 2014'te tamamen meçhul şekilde ortadan kaybolan Malezya uçağı olayında mühendislik becerilerini konuşturmuş olamazlar mı?

Bu tip sorular, bilimsel topluluklar ve UFO toplulukları arasında derin bir ayrım oluşturuyor. Bu sorular, bir bilim insanı için daha dünyevi ve inandırıcı biçimde açıklanabilirdir. UFO'lara inananlar içinse alternatif açıklamaların varlığı yersizdir. Uzaylılar *olabiliyorsa*, o zaman onlar uzaylılardır. Televizyon serisi *X-Files*, "İnanmak istiyorum" repliğiyle taşı gediğine koymuştur. Bir insan, bir teoriye fena halde inanmak istiyorsa, her yerde ona dair kanıtları görecektir.* Böyle dediysek de, bir fikir sırf "bilimsel değil" diye onun mutlak şekilde yanlış olacağını iddia etmek, kibirlilik olur. Bir insanın manevi inanışlarıyla ilgili asla bunu söylemem fakat bu inançlar, bilimsel yöntemlerle kanıtlanması ya da aksinin ispat edilmesi neredeyse imkânsız olan bir çerçevededir. UFO topluluklarında da durum benzerdir. Ya rastlantısal ya da kasıtlı olarak, yanlışlığı asla ispat edilemeyecek bir inanış yapısı kurmuşlardır. İnandıkları uzaylılar, kendi aleyhlerinde kanıt olarak kullanılabilecek her şeyi –algılamalarımızı, anılarımızı, bilgisayar verilerimizi ve hatta gerçekliğin kendisini bile– manipüle edecek kadar kuvvetlidir. Hatta şüpheciler ve inanmayanlar UFO'lara dair hiçbir kanıt görmezken, onlara inananların inanmayı sürdürmek için yeterince kanıt gördüklerini garantileyecek kadar da hınzırlardır. Rasyonel aklın ölçüsünü aştığı üzere böyle bir şey imkânsızdır, bu konu bilimin değil felsefenin gerçeklik alanına düşmektedir.

Doğası gereği bilim yalnızca objektif ve tekrar eden kanıtlarla ilgilenir. Bu kitabın konusu da bu olduğu için UFO'lara ve arabozucu sakinlerine hoşça kal dememiz gerekiyor. Neyse ki, onların var olup olmadığı konusu bizim biyogöstergeler ve teknogöstergelerle ilgili söyleyeceklerimizin geçerliliğini değiştirmiyor.

---

* *Pseudoscience and Science Fiction* (Sözde Bilim ve Bilimkurgu) isimli kitabımda, başlığın da gösterdiği gibi bu konu, bilimsellikle kavranmaktan çok, bilimkurgu ve popüler kültürde daha yaygın rastlanan bir dünya görüşüdür.

İleriye Doğru

Gelişme ümidi taşıyan astrobiyoloji, uygulanabilirliğe –araçlar inşa etmeye, gözlemler yapmaya, dataları yorumlamaya– odaklanmalı, felsefecilerin ve bilimkurgu yazarlarının yaptığı gibi sadece oturup konu hakkında düşünmeye değil. Kurgulamakta bir sorun yok ancak bu kurgu, gözlemle test edilebilen sonuçlarla ortaya çıkıyorsa gerçek bilime dönüşür. Europa örneğine dönecek olursak; bir okyanus yüzeyinin altında mikroorganizmalar bulunduğu görüşü bir kurgudur ancak bu mikroorganizmaların yüzeye konumlanmış bir uzay aracı tarafından algılanıyor olması gerçek bilimdir.

Ayrıca böyle bir kitap kurgusal yönü de hepten yok sayamaz çünkü Yerküre'nin ötesinde bir yaşam olup olmadığı sorusu disiplinlerarasıdır ve bilim insanları kadar felsefecilerin, ilahiyatçıların, senaryo yazarlarının ve gazetecilerin de dikkatini cezbeder. Bir sonraki bölümde, bu geniş kapsamda incelemeler yapacağız ve kitabın son bölümünde onlara tekrar döneceğiz. 3. ve 4. Bölümlerde gelişmiş uzaylı medeniyetlerden bize ulaştığını görmeyi umabileceğimiz teknogöstergeler bilimi, 5. ve 6. Bölümlerde ise daha basit yaşam formları ve onların biyogöstergeleri yer alıyor.*

* Bu biraz sondan başa gidiş gibi görünebilir fakat biyogöstergeler bilimi, diğer ikisine göre daha yeni ve karmaşıktır.

UZAYLILAR HAKKINDA DÜŞÜNMEK 2

Dünya dışı yaşam kavramı, yıldızların uzaktaki güneşler olduğu, çoğunun etrafında –tıpkı bizim Güneş'imiz gibi– yörüngelerinde dönen eşlikçileri bulunduğu modern evren resmimize ayrılmaz bir bağla bağlıdır fakat insanlar olayları her zaman bu şekilde görmediler. Teleskobun icadından önce, gece gökyüzünde gezen yıldızlar, etrafımızda devridaim eden gökkürenin iç kısmına ilişmiş ufacık ışıklı noktalardan başka bir şey değildi. Bizimkine benzeyen bir başka dünya gibi algılanabilecek tek nesne, Ay'dı. Eski filozoflara göre bu, onu "dünya dışı yaşamın" bulunabileceği yegâne yer yapıyordu. Yunan tarihçisi Plutarkhos, 2000 yıl önce, birkaç yıl öncesinde yaşaan Pisagor'u takip edenlere atfettiği fikirleri şöyle yazdı:

> Pisagorcular Ay'ın karasal göründüğünü, böylece onun üzerinde tıpkı şimdi bulunduğumuz Yerküre gibi yaşanabilir olduğunu, mükemmel canlılıktaki varlıkları ve en güzel bitkileriyle dolu bu yerin yerleşilebilirliğini iddia ederler. Üstelik Ay'daki bu insan yerleşiminin imkânsız olduğunu kanıtlayabilecek ve bu kanıtı doğrudan gösterecek bir şey de yoktur.

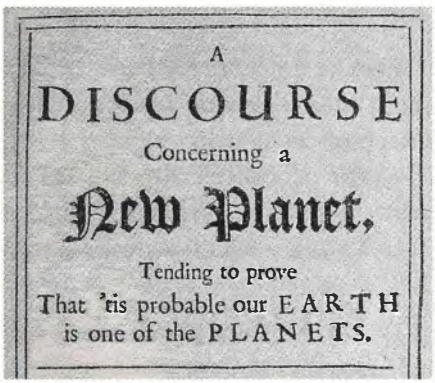
17. yüzyılda ilk teleskoplar Ay'a çevrildiğinde, çıplak gözle hayal meyal belli olan merak uyandırıcı dağlar, vadiler ve kraterler açığa çıktı. Bu da genç bir İngiliz rahibi olan John Wilkins'i *The Discovery of a World in the Moon* (Ay'daki Bir Dünyanın Keşfi) adlı kitabı yazmak için harekete geçirdi. 1638'de

basılan kitap, Yerküre ve Ay arasında çok sayıda benzerlikler kurdu ve Wilkins konuyu şöyle bağladı:

> İhtimaldir ki bu başka dünyada ikamet edenler vardır ancak hangi tür oldukları belirsizdir.

Açıkça eski Yunanları çağrıştırıyor ancak Wilkins kendi fevkalade düşüncesini de katıyor: "Onların dünyası bizim ayımız, bizim dünyamız onların ayı." Yerküre'nin kozmostaki yerini anlamamız açısından oldukça önemli bir adım. Wilkins iki yıl sonra basılan diğer kitabında aynı konuyu daha da netleştiriyor. Bu kitabın kayda değer başlığı ise *A Discourse Concerning a New Planet* (Yeni Bir Gezegen Üzerine Araştırma).

Astronomi tarihine aşina olan herkes bilir ki, çıplak gözle görülenlerin ötesinde hiçbir "yeni gezegen", Wilkins'in yaşadığı çağın yaklaşık yüzyıl sonrasına, 1781 yılında Uranüs'ün keşfedilişine kadar bilinmiyordu fakat Wilkins'in bahsettiği bu değildi. Aydınlığa kavuşturduğu konu, kitabın alt başlığında yer alıyordu: "Yerküremizin gezegenlerden biri olma olasılığını ispata çabalamak."


A
DISCOURSE
Concerning a
New Planet.
Tending to prove
That 'tis probable our EARTH
is one of the PLANETS.

John Wilkins'in 1640'da yazdığı kitabın kelimesi kelimesine başlığı.
(Kullanımı serbest görsel)

Bugün, Dünya'nın bir gezegen olduğu gün gibi açıktır. Dünya, diğer gezegenlerin ona göre ölçülüp biçildiği ve karşılaştırıldığı bir gezegen arketipidir fakat Wilkins'in zamanında durumlar başkaydı. Okuyucuların çoğuna göre "gezegen" sözcüğü gece gökyüzünde görülen beş ışıktan –Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ya da Satürn– biri gibi düşünülüyordu. Sözcüğün kökeni "gezen yıldız" anlamına gelen *aster planetes*'tir. Çıplak gözle bakıldığında bu gezegenler diğer parlak yıldızlardan hemen hemen farksızdır ancak gerçek şu ki, sabit duran yıldızların gerisinden, bir geceden diğer geceye yavaş yavaş sürüklenirler.

Wilkins'in öne sürdüğü fikir –Yerküre'nin de diğer gezegenlerden biri olduğu ve hep birlikte Güneş'in etrafında döndükleri– Polonya'daki Frombork Katedrali idarecisi Nicolaus Copernicus tarafından bir yüzyıl önce şekillendirilmişti. Yerküreyi evrenin merkezindeki ayrıcalıklı yerinden eden bu sistem, en büyük bilimsel devrimlerden biriydi.* Genel hatlarıyla "Kopernik İlkesi" –kozmik konumumuzda ayrıcalıklı hiçbir şey yoktur– astronominin en temel doktrinlerinden biri oldu. Bununla birlikte Kopernik, sadece ilk adımı attı. Tıpkı kendisini önceleyen kadim bilginler ve ortaçağ âlimleri gibi o da "sabit" yıldızları, Güneş Sistemi'ni çevreleyen bir kürenin iç kısmına iliştirilmiş küçük objeler olarak betimlemeye devam etti, büyüklük ve parlaklığı bakımından bizim Güneş'imize benzer bir şey yoktu. Bu yanılsamayı gidermek de kendisinden sonra gelenlere kaldı.

---

* Aslında Kopernik, insanoğlunun olaylar şemasındaki yerine olan inancını tümden silip süpürmek yerine, göksel hareketleri ondalık hesaplarla öngörmek arzusuyla hareket ettiğinden, bir devrimci olmaktan uzak görünüyor.

Dünyaların Çokluğu

Thomas Digges, Kopernik devrim niteliğindeki teorisini ilan ettikten üç yıl sonra, 1546'da doğdu. Bir astronomun oğlu olan Digges, Kopernik'in çalışmasıyla erken yaşlarında tanıştı. 30 yaşına geldiğinde bu kitabı İngiliz dilinde açıklamıştı: *A Perfect Description of the Celestial Orbs* (Gök Kürelerin Mükemmel Tasviri). Ancak Digges, Kopernik'ten daha da ileri gitti. Yıldızların, rahatı yerinde Güneş-merkezli bir sisteme –tıpkı bir "fındık kabuğundaki gibi"– çakılı olduklarını değil, sonsuz bir evrene yayıldıklarını varsaydı.

Bu etkileyici öngörüsü düşünüldüğünde, tarihin onu tamamen unutmuş olması acıdır. Oysa bir zamanlar, Londra Piskoposluğu'nda Digges'in yaşadığı aynı evde kalan genç oyun yazarı –William Shakespeare– için aynı şey söylenemez. İkisi oldukça etkileyici söyleşiler yapmış olmalılar ki Shakespeare yıllar sonra yazdığı en ünlü tiyatro oyunlarından olan *Hamlet*'te bu bilgileri kullandı. İkinci bölüm, ikinci perdedeki başkarakterin repliği, Digges'in bizzat kendi sözleriydi:

> Bir fındık kabuğunda sınırlanıp kalmış olabilir ve kendimi sonsuz bir uzayın kralı sayabilirim.

Modern anlayış bakımından bu biraz üstünkörü bir klişe olabilir ancak bu sözlerin yazıldığı zamanlarda sonsuz bir uzay kavramı muasır bir fikirdi.

Digges'in fikirleriyle tanışan diğer bir kişi, 1580'de Londra'yı ziyaret eden, karizmatik ve hayat dolu İtalyan Giordano Bruno'ydu. Orada geçirdiği zaman zarfında *De l'Infinito Universo e Mondi* (Sonsuz Evren ve Dünyalar Üzerine) kitabını yazdı. Hem Digges'in yıldızların evrene yayılmış olduklarını savunan fikrini benimsiyor hem de yeni bir dönemece giriyordu; bu yıldızlar tıpkı bizim ikamet ettiğimiz gibi yerleşilen gezegenler de olabilirdi.

> Dikkati yerli yerinde olan akıl sahibi bir varlığın, tıpkı dünyamız gibi, hatta belki daha mükemmel görünen bu sayısız dünyaların, bize benzer ya da belki bizden üstün sakinlerden mahrum olduğunu düşünebilmesi olanaksızdır.

Zamane okuyucuları için oldukça çarpıcı olan bu düşünce, Bruno'nun kitaplarında ve konferanslarında ilan ettiği düzinelerce radikal fikirden sadece biriydi. Hepsindeki ortak noktaysa, Bruno'nun Katolik Kilisesi'ne karşı çıkıntılık yapıyor olmasıydı ve Bruno, Meryem Ana'nın bekâretinden tutun da İsa Mesih'in kutsallığına kadar pek çok konuyu inkâr etmeye hazırdı. Çok geçmeden Engizisyon yakasına yapıştı ve Bruno'nun yazgısı belli oldu. Sapkınlığa girmekteydi, suçlu bulundu ve 1600 Şubatı'nda kazığa bağlanarak yakıldı.

Buradaki olayları yanlış yorumlama tehlikesi söz konusu. Giordano Bruno dünya dışı hayata inandı ve Kilise onu acımasız ve insanlık dışı bir ölüme mahkûm etti. Bu durum zamanın çağdaş yazarlarının söylediği gibi Kilise'nin uzaylılar fikrine hararetle karşı olduğu anlamına mı geliyordu? Esasen hayır. Onlar daha çok, Bruno'nun yayıp durduğu ve Katolik Kilisesi'ne teolojik olarak tamamen ters, yoldan çıkmış düşünceleriyle ilgileniyorlardı. Sonrasında daha dini bütün yazarlar dünya dışı canlılar hakkında konuşmaya başladılar ve uzaylıların varlığı Hıristiyanlık lehine bir fikir olarak görülmeye başlandı. Her şeye muktedir bir Tanrı neden kozmostaki tüm yıldızların tüm gezegenlerine canlı varlıklar yerleştiriyor olmasın?

"Dünyaların çokluğu" olarak bilinen bu tanım, Fransız yazar Bernard de Fontenelle'in 1686'da basılan kitabının başlığı olunca, büyük bir ivme kazandı. Kitaptaki kurgusal diyalogda bir filozof, bir asilzade kadını başka konuların yanı sıra, diğer gezegenlerde hayat olduğuna da ikna etmeye çalışmaktaydı. Yunan filozof Aristo'ya kadar uzanan bir akıl yürütme

biçimi kullanıyor, varlıkların özel bir amaçla yaratılmalarının varoluşlarının yegâne sebebi olduğunu iddia ediyordu. Bizim açımızdan ise, bu iddiayı dile getirdiği satırlar naif esintiler taşımaktadır:

> Arzu ettiğiniz her ispata sahipsiniz: Başka gezegenler ve bu meskûn Yerküre'nin arasındaki tüm bu benzerlik, yaratılmış olmalarından başkaca bir amacı tasavvur etmenin imkânsızlığı.

Kiliseyle zıtlaştığı için infaz edilen Bruno'dan neredeyse bir asır sonra, böyle hiç mahcubiyet duymadan yaradılışçı bakış açısı sunan Fontenelle affedilebilir. O günlerde pek çok insanın yaptığı şey buydu ve işe de yarıyordu. *Conversations on the Plurality of Worlds* (Dünyaların Çokluğu Üzerine Söyleşiler) uluslararası çoksatan bir kitap oldu ve ilk yüz yıl boyunca yüzden fazla dile çevrildi. Popülerliği bununla da kalmadı. 1800 yılındaki yeni baskıda, Fontenelle'in iddiası, yeni nesil okuyuculara Paris rasathanesinin idarecisinin önsözüyle tekrar sunuluyordu:

> Yerküre ve diğer gezegenler arasındaki benzerlik öylesine dikkat çekicidir ki, Yerküre'nin yerleşim için biçimlendirildiğini kabul ettiysek diğer gezegenlerin de aynı amaç için oluşturulduğunu inkâr edemeyiz. Batıl düşünen ve çekingen yapıdaki kimi yazarlar bu sistemi din karşıtı olarak ayıpladı fakat onlar Yaradanlarının ihtişamını anlatma konusunda çok az şey biliyordu. Yaradan'ın eserlerinin enginliği, kendi kuvvetinin ilanıyken, o eserlerin ihtişam ve yüceliğini göstermek için daha yerli yerinde bir fikir olabilir mi?

Dini dünya görüşüne sahip herkes için bu önermeler epey ikna ediciydi. Eğer evren ilahi varlığın bilinçli yaratımıysa – ve birkaç bin yıl ömürlükse– farklı zekâ seviyelerindeki ben-

zer yaşam formlarının başka gezegenlerde de bulunduğunu varsaymak mantıklı olurdu ancak 19. yüzyıl yeni ve daha bilimsel bir bakış açısının yükselişine tanıklık etti ve bu her şeyi değiştirdi. Evren tasavvur edilemeyecek kadar yaşlıysa ve olaylar, rastlantının ve doğal yasaların karmaşık bir etkileşimiyle gelişiyorsa, o halde tüm hesaplar kapanıyordu.

Üniversitedeki ilk yılımda Victoria Dönemi'nden kalan boğuk ve kirli bir bina olan Whewell's Court'ta çalıştım, öyle ki durumun tek telafi edilebilir yanı, Cambridge'in en büyük kitaplığına kapı komşusu olmasıydı. Böylece ismi binaya verilmiş kişi hakkında da bilgi sahibi oldum: William Whewell, esrarengiz bir 19. yüzyıl filozofu. 1834 yılında "bilim insanı" kelimesini kullanmasının yanı sıra Whewell, dünya dışı yaşam fikrinin bilimsel temellerde tartışılmasına ilk *karşı* olanlardan biriydi. Özellikle Güneş Sistemi'nin diğer gezegenleri düşünüldüğünde oralardaki koşulların tanıdığımız herhangi bir yaşam formuna husumetli olacağına dikkat çekiyordu. Giordano Bruno'nun yazgısını hatırladığına hiç şüphe yoktu ve durumdaki ironiyi görebiliyordu:

> Gezegenlerde ve yıldızlarda ikamet edenlerin varlıklarından şüphe duymak bugün ne denli kabahat addedilmeliyse, üç yüzyıl önce bu öğretiyi öğretmenin de o denli inançtan sapmak olarak görülmesi enteresan olur.

Whewell'in önermeleri, "Tanrı her yerdeki yaşamı yarattı" düşüncesindeki kişilerin bahsettiği insan benzeri varlıklar söz konusu olduğunda kesinlikle geçerliydi. Ancak daha basit organizmalar –örneğin, tam da Whewell'in zamanında yeni çalışılmaya başlayan mikroskobik bakteriler– bambaşka bir konudur. Victoria Dönemi'nde ortaya çıkan ve hemen filizlenen fikre göre, basit yaşam formlarının kökeni dış uzaydaydı ve Yerküreye meteorların içinde ulaşıyorlardı: Buna "pans-

permia" teorisi denmekteydi. Fizikçi Lord Kelvin'in 1871'de Edinburgh'da yaptığı konuşmadan bir alıntı, önermeyi kısa ve öz şekilde anlatıyor:

> Uzayda devinen ve tohum taşıyan sayısız meteor parçası olduğunu çok yüksek bir olasılık olarak görmeliyiz. Şu anda Yerküre'de hiç hayat olmasaydı, böyle bir kaya parçası düşebilir ve körlemesine bir şekilde doğal sebepler diye adlandırdığımız yolla, bitkiyle yeşeren bir hayata önayak olabilirdi.

Kuyrukluyıldızların ya da asteroitlerin içinde bitki sporları ya da iyice gelişmiş yaşam formları bulunması fikri bir olasılık ancak oldukça zayıf. Başına buyruk bilim insanları Fred Hoyle ve Chandra Wickramasinghe tarafından desteklenen bu fikir, 1970'lerde epey şöhrete kavuştu. *Lifecloud* (Yaşambulutu) (1978) isimli kitaplarında "yaşamın kuyrukluyıldız benzeri gökcisimlerinde bulunan canlı hücrelerle Yerküreye yağdığını" iddia ettiler. Bilimsel kurumlarda –Hoyle, Cambridge'te ve Wickramasinghe, Wales Ünversitesi'nde– yer almalarına rağmen konuya bakışları ana akımdan oldukça uzaktaydı ve *panspermia*, tabiri caizse dış kapının mandalı bir teori olarak kaldı.

Gelgelelim bugün –uzay gemisinden doğrudan yapılan gözlemlere dayanarak– asteroitlerin ve kuyrukluyıldızların yaşam değilse de, yaşamın habercisi olarak düşünülebilecek karbon bazlı karmaşık bir dizi kimyasal içerdikleri bütünüyle açıktır. Hatta bu materyalleri bir güneş sisteminden diğerine taşımaları da olasıdır.

YILDIZLARARASI UZAKLIKLAR

Bildiğimiz kadarıyla evren "sonsuz" değildir fakat oldukça büyüktür. Söz konusu mesafeler kilometre hesabına vurulduğunda şok edici olsa da, ışık yılı denilen daha faydalı bir ölçüm birimimiz

mevcut. Bu, ışığın (ya da radyo dalgalarından tutun da gama ışınlarına kadar elektromanyetik radyasyonun her türü) bir yıl içinde kat ettiği uzaklıktır; yani yaklaşık 10 trilyon km.

Dünya'ya en yakın yıldız Proxima Centauri, 4 ışık yılı uzaklıktadır. Bu trilyonlarca kilometreyi hayal etmek zor olsa da, ışığın 4 yıl boyunca etrafta vızıldadığını herkes zihninde canlandırabilir. Hatta bunun, yıldızı 4 yıl önceki haliyle görüyor olmamız gibi pratik bir sonucu da var. Birkaç yüzyıl ışık yılı erimdeki yıldızların çoğu çıplak gözle kolaylıkla görülebilir; yani onlardan gelen ışık, Giordano Bruno kazığa bağlandıktan sonra yola çıktılar diyebiliriz.

Şimdi bakış açımızı genişletelim. Astrobiyolojideki çoğu tartışma, "galaksideki" yaşamdan, yani bizim Güneş'imizin de aralarında bulunduğu yüz milyarlarca yıldızdan oluşan ve geceleri gördüklerimizin onun sadece ufacık bir kesiti olduğu bir sistemden söz eder. Bizim Samanyolu Galaksisi kabaca 100 bin ışık yılı uzaklıktadır ve bizden 26 bin ışık yılı uzaktaki merkez bölgesinde en fazla yıldız yoğunluğuna sahip bir disk şeklindedir. Astronomlar bir teleskopla galaktik merkeze baktıkları zaman görecekleri şey, çanak çömlek yapmayı henüz öğrenen insanların yaşadığı zamanlar olur.

Hikâye burada bitmiyor çünkü başka galaksiler de var ve sayıları galaksimizdeki yıldızlar kadar ancak en yakındaki iki milyon ışık yılı uzakta –yani *Homo sapiens*'in Yerküre'de ilk ortaya çıktığı zamanlarda– ve birçoğu daha da ötede. Bu sebeple iki yönlü bir etkileşime dair en ufak bir ümit yok ve astrobiyologların kendi galaksimize odaklanmalarının sebebi de bu.

Yaşamın Çeşitliliği

Dini bakış açısından bilimsel olana geçişteki mühim kavrayışlardan biri de, organizmaların sadece Yaratıcı'nın isteğiy-

le şekil almaktan ziyade, bunu çevrelerine adapte olarak da yapmalarıyla ediniliyor. Bu fikrin dünya dışı yaşam açısından önemini Fransız fizikçi Pierre-Simon Laplace, 19. yüzyıl başlarında şöyle kaleme aldı:

> Yerküre'deki sıcaklığa göre şekil alarak burada yaşayan insan, duruma bakılırsa başka gezegenlerde yaşayamazdı fakat bu evrendeki gezegenlerin çeşitli sıcaklıklarına uyumlu bir organizasyon çeşitliliği mümkün mü? Elementlerin ve iklimlerin farklılığı, Yerküre'deki üretimde böylesi çeşitliliğe sebep oluyorsa, tüm gezegenlerin ve uydularının üretimi kim bilir nasıl bir sonsuz çeşitliliğe sahiptir?

Benzer bir hissiyatı iki yüz yıl sonra, 2002 yılında yayımlanan kitapları *What Does a Martian Look Like?* (Bir Marslı Nasıl Görünür?) kitabında Jack Cohen ve Ian Stewart şöyle ifade ettiler:

> Yerküre'nin karbon kopyalarını aramaktansa, kuramlar oluşturmalı ve bu geniş evrende var olan farklı gezegenleri ve potansiyel yaşam habitatlarını aramalıyız. "Egzotik" habitatlar yolumuza çıkan engeller değil, fırsatlar olarak görülmeli; "belli ki burada yaşam yok" diyerek el sallayıp bırakmak yerine "burada yaşam olsaydı nasıl olurdu?" diye sormalıyız.

Burada, Yerküre'de dahi, bilindik yaşam formlarının –biz de dahil– bir saniye bile hayatta kalamayacağı ortamlar vardır. Antarktik buz tabakasının yüzlerce metre altında güneşin ulaşmadığı buz gibi sular ya da derin okyanus tabanındaki müthiş sıcak sülfürlü volkanik yanardağ ağızları bunlardan sadece ikisi. Bu tip yerlerin daha yakından incelenmesi, hemen her seferinde mikroorganizma kolonilerini ortaya çıkarır; üstelik bu koloniler sadece orada yaşamayı başarmakla kalmayıp gelişmekte de olurlar. Böyle uç koşulları seven or-

ganizmalara ekstremofil denir. 5. Bölüm'de bunları daha ayrıntılı şekilde inceleyeceğiz.

Yerküre'deki hayat müthiş çeşitlilik gösterse de, aynı evrim ağacına bağlıdır. Ağaçta birbirine yakın türlerin farklı gözükmeleri, benzer olmayan ortamlara uyum sağlamalarındandır ancak temelde benzer özelliklere sahipler. Birine "hayvan" sözcüğünün geçtiği bir cümle kurarsanız büyük olasılıkla –bir kurbağadan bir file uzanan– kara omurgalılarından birini düşünecektir; yine de bunlar hayat ağacının (bizim de içinde bulunduğumuz) ufak bir dalı. Ekolojik nişlerin engin kapsamına rağmen tüm hayvanların aynı temel beden planı vardır; dört bölümlü kol bacak, merkezi bir omurga, beyin bulunan bir kafa ve duyu organları. Cohen ve Steward'ın belirttiği gibi, evrimin başka bir gezegende tamamen aynı bedensel planı üretebilmesi son derece olasılık dışıdır:

> Bedensel yapımızdaki kara omurgalı karakterinde olduğu hemen kavranabilecek uzaylılar bulsaydık gerçekten çok şaşırırdık. Bizimle aynı soy kökeninden geldiklerinden emin olsaydık, gerçekten büyük sürpriz olurdu.

Bunlar UFO'lara inananların tam da duymak istemedikleri sözler çünkü uzaylılarla karşılaşmaya tanıklık edenler onları hep açıkça insanımsı şekilde tarif ediyorlar. Bilimsel kavrayışları daha yüksek olan UFO uzmanlarının ortaya koyduğu karşı argüman ise, "yakınsak evrime" başvuruyor. Benzer ekolojik nişlere adapte olan farklı organizmalar, evrimsel bağdan bağımsız şekilde benzer formlar geliştirirler. Örneğin, –yarım milyar yıldan fazladır evrim ağacının farklı dallarında olan– kuşlar ve böcekler uçmak için kanat çırparlar. Yakınsak evrim, dikkat çekici benzerliklere yol açar, tıpkı Tazmanya kurdu denilen Avustralya keseli hayvanı gibi. 20. yüzyılda nesli tükenmeden önce Tazmanya kurtları, vahşi



Tazmanya kurdu, kanguruyla yakın bağları olan bir keseli hayvandı fakat görünüş olarak köpekle müthiş bir benzerlik taşıyordu.
(Kullanımı serbest görsel)

köpeklerle aynı ekolojik nişteydiler ve kangurularla daha yakından bağları olmalarına rağmen onlardan ziyade köpeklere benziyorlardı.

Tazmanya kurdunun, UFO gözlemcileri tarafından rapor edilen uzaylıların insana benzer olmasından daha çok köpeğe benzer olduğu doğrudur ancak analoji yanıltıcıdır. Tazmanya kurtları ve köpeklerin, Jura devrindeki erken dönem memelilerinin formunda olan bir ortak ataları vardır. Kulağa oldukça eski geldiği üzere, Yerküre'deki hayatın başlangıcından bugüne kat edilen yolun yüzde doksan beşini kapsıyor. Evrim tarihinin daha erken bir döneminde çatallanan bir daldaki türden –mesela ahtapot diyelim– söz edersek durum daha farklı olurdu. Bir deniz ortamında ahtapot, köpeğinkine benzer bir ekolojik nişi işgal eder –yani zeki bir yırtıcıdır–; bu yüzden de eninde sonunda okyanusta uzak gelecekte belirecek altsoylarının karadaki köpek benzeri ekolojik konumu kaplayacağını hayal edebilirsiniz fakat kara ahtapotu yine de sekiz kollu bir

omurgasız olurdu ve Tazmanya kurdu gibi köpek benzeri de olmanın yanından geçmezdi.

İnsansı uzaylılara bir gerekçe olarak yakınsak evrimi öne sürmekteki bir başka sorun da şudur ki, bildiğimiz bütün örneklerin burada Yerküre'de hayata adapte olduklarıdır. Gerçek uzaylılar, yüzey kütle çekimi, atmosferik yapısı, günün uzunluğu ve birçok başka faktörü bizimkinden farklı olan başka bir gezegene tamamen uyum sağlamak için evrimleşeceklerdir. Hangi düzeyde gerçekleşirse gerçekleşsin, yakınsak evrim uzaktan bize benzeyen bir şeyle sonuçlanmayacaktır.

Bir örneğe odaklanarak devam edelim ve yüzey kütle çekimi Yerküre'nin iki katı olan bir gezegen düşünelim. Bu gezegende yaşayan bir canlının artan kütlesiyle ilintili çekimsel kuvvetin üstesinden gelmesi için, Yerküre'de yaşayan benzer bir varlığa göre daha kuvvetli olması gerekir. Bu da paradoksal olarak daha ufak olmasını gerektirir. Bunun sebebi kare küp yasasında yatar ve korkarım ki fiziğe kötü şöhret kazandıran en sıkıcı matematik formüllerinden biridir. Daha önce duymuş olabilirsiniz, yine de mümkün olduğunca hızlı ve acısız bir şekilde açıklamaya çalışayım.

Malzemesi aynı olan iki küpünüz olduğunu düşünün. Bir tanesinin her bir kenarı bir metre, diğerinin ise iki. İlkinin hacmi bir metreküp, diğerinin ise sekiz metreküp. Aynı materyalden yapılmaları (ve kılı kırk yaran fizikçiler için ikisinin aynı yerçekimsel alanda olduklarını da ekleyelim), daha büyük olan küpün ilkinden sekiz kat daha ağır gelmesi demektir fakat şimdi, büyük olan küpün alt kenarına bakalım. Dört metrekare, küçük küpün taban alanından sadece dört kat büyüktür; bu yüzden bu tabandaki fiziksel stres* iki katına çıkar çünkü sekiz kat olan ağırlık, yüzey alanını sadece dört kat iter.

---

* Teknik anlamda "stres", etkilediği yüzey alanı bölü kuvvettir.

Benzeşen (fakat daha karmaşık olan) bir mantık, küpler gibi canlı varlıklara da uygulanabilir. Sözün özü, hacimler arttıkça uğraştıkları fiziksel stres de artar; bu nedenle karıncalar incecik bacaklarıyla oradan oraya gidip bir de kendi vücut ağırlıklarından katbekat fazla yük taşırken, filler bunu yapamaz. Aynı akıl yürütme bize, Yerküreden daha kuvvetli bir çekimselliği olan daha büyük bir gezegende işlerin nasıl gideceğini tahmin etmenin de yolunu açıyor. Toparlayacak olursak, yüzey kuvvetinin katlanması, insanla aynı göreceli büyüklüğe ve çevikliğe sahip bir canlı için yüksekliğin yarısı ve kütlenin de sekizde biri anlamına gelebilir. Yani oldukça mantıksız görünse de, daha büyük bir gezegenin yüksek olasılıkla daha ufak tefek, daha az kütleli sakinleri olur.

İlk bölümde de bahsedildiği üzere, galaksideki bizimkinden daha yaşlı gezegen sistemlerinin olduğu muhakkaktır; bu sebeple de hayat orada Yerküreden milyonlarca yıl önce evrilmeye başlamış olabilir. Bunun ne demek olduğuyla ilgili sadece öngörüde bulunabiliriz ve bunun bir yolu da gelecek olasılıklarımız hakkında kafa yormak.

Konu oldukça kapsamlı ve herkesin bir fikri var. Ayrıntılara girmeden, seçenekleri üç kategoriye ayırabiliriz. İlk önce karamsar bakış açısı: İnsan türü er ya da geç küresel bir felaket –ya doğal şekilde ya da kendi kendimize ettiğimizi bularak– sonucunda Yeryüzü'nden silinip süpürülecek ve Yeryüzü yaşamında neredeyse "tertemiz bir sayfa" açılacak.

İkincisi iyimser seçenek: Standart "ütopya" senaryosu içinde teknolojiye ve materyalizme sırtını dönmüş, Yerküre'de huzur içinde yaşayan, manevi varoluş halindeki insanlar. İnsanlar için böylesi, pastoral ve cennetvari olurdu fakat uzaylılar da aynı yolu izlerse astrobiyolojik olarak haberler kötü demektir. Uzak bir gezegende, mikroplardan başka keşfedilecek yeni bir şey olmazdı.

Üçüncü seçenek, teknolojik gelişmelerle ilerleyerek bizi nereye götüreceklerini görmek. Bu da türümüzün başka bir şeye, ya genetik mühendisliği yoluyla ya da kendimizi makinelere yükleyerek –ya da ikisinin bir bileşimi olarak– sayborglar* şeklinde dönüşüme uğraması demek olurdu. Aralarında Kraliyet Astronomu Lord Rees'in de olduğu bazı kişiler, "biyolojik-ötesi" bir geleceğin kaçınılmaz olduğunu düşünüyorlar. Bunun bir sebebi de kanlı-canlı bir insandansa uygun şekilde tasarlanmış bir makinenin uzayda uzak mesafelere yolculuk yapmasının daha kolay olması. Rees'ten konu hakkında alıntı yapalım:

> İnsan, evrimin doruk noktası değil; potansiyel olarak ölümsüz varlıklara geçişi başlatırsak kozmik açıdan hâlâ özel bir önemimiz olabilir. İnsanüstüler uzaya yolculuk yaptıklarında ve biyolojik varlıkların sınırlarını aştıklarında daha geniş evrendeki etkileri bizim mirasımız olacak.

Geleceğimiz söz konusu olduğunda bunun iyi mi yoksa kötü bir şey mi olduğu tartışılabilir ancak bu kitap felsefeyle değil, astrobiyolojiyle ilgili. Bu bağlamda en azında bazı uzaylıların bu yolu izlemeyi seçtiğini ümit etmek zorundayız çünkü ilerleyen bölümlerde de göreceğimiz gibi bu, onları tespit etme şansımızı epey yükseltiyor.

Tanıdık Olmayan Hayat

Uzaylılara bilimsel bakış açısının netleştirdiği bir konu varsa, baskın kültürün tam da bu şekilde lanse etmesine rağmen onların kesinlikle bize benzemedikleridir. Bu, yeni bir gözlem değil. 1670'lere kadar giden konuyla alakalı olarak, Satürn'ün uydusu Titan'ın kâşifi Christiaan Huygens şöyle yazıyor:

---

* İnsan ve robot karışımı sibernetik organizma. (Ed.)

> Halkın gülünç fikri bu; rasyonel bir varlığın bizim biçimimizden farklı olmasının imkânsızlığını düşünmek. Bu sadece zayıflıktan, bilgisizlikten ve insan önyargılarından kaynaklanır.

Bugüne kadar bilimkurgunun en çok tanınan uzaylıları – örneğin Vulcans (Vulkanlar), Romulans (Romulanlar) ve *Uzay Yolu*'nun Klingonları– bize gerçekten fazlasıyla benziyorlardı. Dahası, sadece dış görünüşlerinde değil, davranışlarında, duyu organlarında, düşünce süreçlerinde ve hatta beden dilleri ve yüz ifadelerinde de insanımsıydılar. Bunun açık ve net sebebi şuydu: Bu özel türlerin tamamı 1960'larda, CGI* (Bilgisayar Ürünü Görüntü) gibi teknolojiler yokken piyasaya çıkıp kostümlü ve makyajlı insan aktörlerce canlandırıldılar fakat ekrandaki uzaylılar gibi, yazılı eserlere de aynı şekilde uygulanan –Edgar Rice Burroughs'un *A Princess of Mars* (Marsta Bir Prenses) ve devam kitaplarıyla taklitleri gibi– bir başka sebep daha var: Bilimkurgu, bilimsel gerçeklik değildir. İnsan seyirciye yönelik bir eğlence tarzıdır ve bu kitleye hitap etmeli ve onlarca anlaşılabilmelidir.

Yine de bilimkurgunun insan ilgisini cezbetmeyi sürdüreceği bir yol daha var ki, o da Yerküre'deki insanların gerçek uzaylılarla –yuvarlak kulakları ya da benzeri özellikleri olan insanlarla değil de– karşılaştıklarında verecekleri tepkileri betimlemek. Birkaç yazar ise tam tersi yöne gidiyor ve Yerküre'de bugüne kadar var olmuş –ya da var olabilir– her şeyden bütünüyle farklı yaşam formları tasvir ediyor. Fred Hoyle'un 1957 tarihli romanı *Kara Bulut* bu konuya dair kayda değer bir örnektir. Hoyle, romanı yazdığı sıralarda bir üniversitede astrofizik bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışıyordu ve kitapta sözü edilen konu, gerçek bir astrofizik olgusuydu: yıldızlararası bir toz ve gaz bulutu. Fakat bu seferki sezgiliydi

---

* (İng.) Computer Generated Imagery. (Çev.)

ve hatta radyo dalgaları yoluyla Yerküre'deki insanlarla iletişim kurabiliyordu.

Fikir bütünüyle mantıksız değil. Yıldızlararası bulutların çok sayıda karmaşık molekül içerdiği biliniyor ve "düşünce süreçlerinin" oluşması için yeterli bir kurulum derecesine ulaşabilmeleri anlaşılabilirdir fakat yine de son derece olasılık dışı çünkü yıldızlararası uzay çok soğuk ve orada gaz yoğunlukları oldukça düşük. Öte yandan, "tanıdık olmayan hayatı" arayan bir başkası, Hoyle'un *Kara Bulut*'undan daha kötü bir iş çıkarabilirdi.

Bilimkurgu yazarlarının "farklı biyolojilerden" bahsettiklerinde rastlanan bilindik –ve belki biraz da bayağılaşmış– bir fikir de silikon bazlı hayattır. Bu terim, silikonun bileşenlerinin elektronik devrelerinde yaygın kullanımından dolayı bugünlerde kafa karıştırıyor ancak bu tamamen farklı bir konu. Silikonun pratikteki kullanışlılığı, olağandışı elektriksel davranımından kaynaklanıyorken, silikon biyolojisi fikri, silikonun karbonla olan kimyasal benzerliğinden doğuyor. Karbonla silikon, hem Yerküre'de hem de bir bütün olarak evrende oldukça yaygın elementlerdir fakat karasal biyolojinin karmaşık moleküllerinin temelini biçimlendiren karbondur ancak teorik olarak –ve argüman ilerliyor– silikon eş ölçüde karmaşık moleküller biçimlendirme kapasitesindeyse, silikon bazlı egzotik hayat olasılığı durumuna ne demeli?

İşe bakın ki Yerküre'nin kabuğunda birçok silikon mevcut fakat karmaşık moleküller biçimlendirmeye herhangi bir şekilde ilgi göstermiyor. Silika –tüm kayaların birincil bileşeni– oluşmak için oksijenle birleşiyor ve daha ileriye gitmemekten de memnun görünüyor. Dış uzayda incelediğimiz tüm kaya asteroitler için aynı durum geçerli. Diğer yandan, asteroitlerde karbon bulunduğunda bu, sıklıkla daha karmaşık moleküller biçiminde oluyor, bu yüzden de galaksideki herhangi başka bir yerde durumun farklı olacağına, hayatın karbon-

dansa silikonla ortaya çıkacağına dair sebepler arayıp sorular sormak zor oluyor ancak bu, insanların spekülasyon yapmasını durdurmuyor.

Silikon yaşamı ilk göz önüne çıkaran bilimkurgu hikâyesi belki de Stanley G. Weinbaum'un *A Martian Odyssey* (Marslı Odyssey) isimli kitabıdır. 1934 basımlı bu kitaptan bir alıntı: *Canavar silisten yapılmıştı. Bu şey bir dizi farklı kimyasal tepkimelerle yaşıyordu. Bu, silikon yaşamdı.* Fakat bu düşünce daha geniş kitlelerin dikkatini 1967 yılında *Uzay Yolu*'nun ilk sezonunda yayınlanan "The Devil in the Dark" (Karanlıktaki İblis) bölümünde çekti. Dr. McCoy, kayaya benzeyen Horta'yı ameliyat etmesi istendiğinde, "Ben bir doktorum, tuğla örücü değil," diyordu.

Meşhur *Uzay Yolu* alıntılarından söz açılmışken, "Bu, hayattır Jim, fakat tanıdık olmayan hayat" sözleri konuya direkt atış yapıyor. Ne yazık ki bu sözler televizyon serilerinde hiç söylenmedi. İlk kez İngiliz müzik grubu The Firm'in "Star Trekking" parçasında geçen bu dizelerle grup geçici bir şöhret yakalamıştı. Yine de *Uzay Yolu*, "tanıdık olmayan hayat" fikriyle oldukça popülerlik kazandı. Zaman zaman ortaya çıkan diğer bir örnek de –ki belki de en zoraki olanıdır– "saf enerji varlıkları" fikridir. Konu, "The Devil in the Dark" bölümünden sonraki bölüm "Errand of Mercy"de (Merhamet İşi) ilk kez açıldı. Buradaki uzaylılar olan Organia'lılardan, –Mr. Spock'un unutulmaz sözleriyle– "kendimizin üzerinde olduğumuz kadar, bir amibin üzerindeyiz," diye söz ediliyordu.

Peki, "saf enerji varlıkları" ne demek? Bilimsel anlamda "saf enerji" diye bir şey yoktur çünkü enerji, madde ve ışınımın bir niteliğidir. Bu tıpkı "saf sıcaklık" ya da "saf dalga boyu" demek kadar anlamsız. Muhtemelen kastedilen örnekse, insan beyni gibi bir madde külçesine kalıcı olarak bağlanmadan var olabilen oldukça düzenli bir veri yapısı –mistik kafadaysanız ona "bilinç", değilseniz de karmaşık bir bilgisa-

yar programı diyebilirsiniz– formudur. Belki de kullanışlı duran her rastgele ses dalgası örüntüsüne kendini yükleyebilen, bilgi kaynağı zengin bir tür niteliği değiştirilmiş sinyaldir. Pekâlâ, bu fikri bir video oyunundan* aldım ama böyle olması, fikrin imkânsız olduğunu göstermez. Yine de Hoyle'un sezgili gaz bulutundan daha olası değil.

Astrobiyoloji perspektifinden bakıldığında *Uzay Yolu*'ndaki en ilginç uzaylılar Borg grubu olabilir: Tek kolektif akla sahip, diğer türleri asimile ederek hızlıca yayılabilen yarı organik, yarı makine varlıklar. İlk bakışta silikon yaşam formları ya da saf enerji varlıkları kadar esrarengiz görünebilir ve Borg'un insansı görünümü tamamıyla gerçekdışıdır fakat uzay yolculuğu yapan gelişmiş türlerin fonksiyon kazanabileceği yöntemin temel bakış açısı ciddiye alınmaya değer. Özellikle dikkate değer olan, soğuk ve –olumlu ya da olumsuz– hiçbir insan duygusu barındırmayan mekanik rasyonellikleri, sağ kalımları ve türlerinin gelişimi için topyekûn bir kararlılığın varlığı. Yerküre'deki alt yaşam formları için işleyiş tam da buyken galaktik formlar için kim böyle değil diyebilir?

Yine felsefi kuramsal düşüncelerine daldık ancak bu kitapta bundan kaçınmak istiyoruz. Bilimsel yaklaşımın güzelliği, ilerlemek için derinlikli sorularda takılı kalmasının gerekmemesinde. Süper-zeki gelişmiş uzaylılar konusunda örneğin; onların insansı, ahtapotumsu ya da silikon bazlı veya sezgili gaz bulutu olup olmamalarının önemi yok. Onlara dair kanıt arama yolumuz değişmeyecek. Konuştuğumuz şey onlarla yüz yüze buluşmak değil, onları muazzam bir uzaklıktan saptamak olduğu için de iyiliksever, kötücül ya da buz gibi makineler olup olmadıkları da fark etmiyor. Tespit edilebilir sinyalleri yayma yolları aynı olacak ve biz de şimdi bu konuyu irdeleyeceğiz.

---

* 1953: Phantomery Interactive oyunu *KGB Unleashed*.

DÜNYA DIŞI İLETİŞİM

3

Dünya dışı varlıklarla iletişim olasılığı üzerine bilimsel düşünen ilk kişi büyük Alman matematikçi Carl Friedrich Gauss'tur. 1822'de Heinrich Olbers'e yazdığı mektupta, yüzlerce devasa ayna kurarak güneş ışınlarını Ay'a yansıtmayı önerdi. Bu, öylesine parlak bir ışık oluşturacaktı ki, Ay'da yaşayanlar –eğer varsalar– benzer şekilde karşılık verebileceklerdi. Gauss, "Ay'daki komşularımızla iletişime geçebilirsek, Amerika'nın keşfinden daha büyük bir keşif olur," diyordu.

19. yüzyıl sonlarında, daha sağlam gözlemlerle Ay yüzeyinin tamamen cansız olduğu gösterilince, ilgi odağı Mars oldu. Fransız astronom ve bilimi halka sevdiren Camille Flammarion, 1892'de karasal peyzaja çizilecek devasa geometrik şekilleri, Marslıların –var olduklarını ve bizimki kadar kuvvetli teleskopları olduğunu varsayarak– görebileceklerini ileri sürdü. Böylesi hızlı bir teknolojik gelişme çağında, Flammarion'a göre bu, son derece mantıklıydı: "Fikir kendi içinde hepten anlamsız değil ve belki telefona ya da pikaba göre bile daha az cüretkâr."

Flammarion bu düşüncelerini yazdığı sıralarda, Guglielmo Marconi ismindeki İtalyan mucit, çok daha etkin bir uzun mesafe iletişiminin son dokunuşlarını yapıyordu: radyo. Birkaç on yıl içinde hava dalgaları dünyada parıldayan mesajlarla dolacaktı fakat ilk zamanlarda Yerküre'de neredeyse hiç radyo ileticisi yoktu. Mesela 1899'da bir radyo dalgası yakala-

mak isteyen bir kişinin, şimşek çakması ya da diğer atmosferik olaylar gibi doğal kaynaklardan yayılan rastgele seslerden başka bir şey duyma olasılığı oldukça zayıftı. İşte tam da bu sebeple, deneyci Nikola Tesla'nın, yüksek derecede yapısal duyulan sinyaller duyması sıra dışıydı:

> Fark ettiğim parazit seslerin peşi sıra zihnimde, bu durumun zeki bir kontrolden kaynaklandığı düşüncesi uyandı. Anlamı deşifre edemesem de, bütünüyle rastlantısal olduklarını düşünmem olanaksızdı. Bir gezegenin diğerini selamlayışını duyan ilk kişi olduğum hissi günden güne büyüdü.

Tesla'nın ne duyduğu tam olarak net değil ancak sonradan anlaşılıyor ki, zihni gerçekte sadece rastlantısal ses olan şeyden –o sıralarda farklı kişilerin de Mars "kanallarından" duydukları benzer seslere ilişkin iddiaları bulunuyor– anlamlı bir örüntü oluşturmak üzere "noktaları birleştiriyordu". Tesla, Mars'tan bir sinyal alıyor olsun ya da olmasın, uzaylı radyo mesajlarının bizlerce saptanabilir olduğu, iyi bir fikir olabilir. Hatta öylesine iyi ki buna bir ad bile verildi; burada 1. Bölüm'de adı geçiyor: *The Search For Extraterrestial Intelligence* (Dünya Dışı Zekânın Aranması) ya da SETI.

Uzaylılarla Uyumlu Olmak

1980'lerin başlarında, Hollanda'nın Groningen kentindeki Kapteyn Astronomi Enstitüsü'nde, galaksilerin bilgisayar simülasyonlarını yaptığımız ilk tamzamanlı işimle (böylesine "eğlenceli" bir şeye iş denebilirse tabii) meşguldüm. Teorik astrofizikçi olarak azınlıktım; personelin çoğu, yakındaki Westerbork radyo teleskobundan gelen datayı analiz eden gözlem astronomlarıydı. Bu da Kapteyn Enstitüsü'nü dünyanın her yerindeki araştırmacılar için çekim merkezi haline

getiriyordu. Ayrıca orada beraber bulunduğumuz bu astronomların arasında Seth Shostak adında genç bir Amerikalı vardı. Bu bölümde kendisinden tekrar bahsedeceğiz çünkü o günlerde SETI Enstitüsü'nde Baş Astronom'du. Yine o günlerde Seth'in işi, galaksilerin yapısını radyo frekanslarında çalışmayı kapsıyordu ve Groningen'deki tüm astronomlar gibi o da özellikle bir frekansla ilgileniyordu.

Görünür ışıkta bakılınca, galaksiler milyarlarca yıldızla bezelidir fakat onlar hakkında söylenecek daha fazla detay söz konusu. Öylesine yayılımlı başka bir bileşen var ki, bir galaksinin tüm yapısının izini sürmekte yıldızlardan daha iyi: nötr hidrojen gazı. Görünür dalga boylarında ışık üretimi için çok fazla soğuk olsa da, 21 cm dalga boyunda belirgin bir görüngesel hat oluşturur. Bu "tayf çizgiler" farklı atom tipleri (ileriki sayfalarda görebilirsiniz) tarafından oluşturulan karakteristik işaretlerdir ve kitabın ilerleyen bölümlerinde görünür tayf hatları bölümünde tekrar bahse konu olacaklar. Ancak bu 21 cm'lik nötr hidrojen çizgisi, elektromanyetik spektrumda daha aşağıda, 1420 MHz radyo frekansında oluşur. İşte Seth Shostak ve çalışma arkadaşlarının bütün zamanlarını kendisini seyrederek geçirdikleri sihirli frekans da budur.

Tayf Çizgileri

Tayf çizgileri, astronominin en önemli kavramlarından biridir. Astronomların uzak bir yıldızın kimyasal bileşimini yüksek bir kesinlikle söyleyebilmelerinin sebebi budur. Kimyasal elementler atomlardan yapılmıştır ve belirli bir element tipinin parmak izlerinden biri, atomlarının içindeki elektronların tuttuğu enerji düzeyleridir. Bazen bir elektron yüksek bir enerjiden düşüğe sıçrar ve bunu yaparken artan enerjiyi ışın olarak yayar. Öte yandan, ışını emebilir ve fazladan enerjiyi daha yüksek seviyeye sıçramak için kullanabilir. Bu sıçrayışların tamamı belirli bir enerji "kuantumu" ve dolayısıyla belirli bir radyasyon dalga boyunu gerektirir.

Basit bir teleskopla bir yıldıza bakarsanız, saçtığı bütün görünür dalga boylarının karışımını görürsünüz. Öte yandan, bir spektrometre (tayfölçer) kullanarak, çeşitli elektron sıçramalarıyla oluşan karakteristik çizgileri açığa vurmak için dalga boylarını ayırmak da –bir prizmanın güneş ışığını gökkuşağı renk tayfına ayırmasına benzeşen şekilde– mümkündür. Aşağı yönlü sıçramalar, arka alan spektrumdan daha parlak ışıma çizgileri üretirken, yukarı yönlü sıçramalar daha karanlık olan emilim çizgilerine yol açar. Astronomlar bir çizginin kesin dalga boyunu ölçerek, onu hangi belirli elementin ürettiğini çözebilirler.

En önemli tayf çizgilerinin çoğu, tayfın görünür bölümünün içi ve çevresinde oluşur ancak bazı düşük enerjili sıçramalar, radyo dalgalarıyla bağdaşan daha uzun dalga boylarıyla sonuçlanır. 21 cm nötr hidrojen çizgisinin uyduğu dalga boyları da işte bunlardır.

21 cm çizgisi ilk olarak 1951'de, Hollandalı astronom Jan Oort tarafından, galaktik yapıyı saran bir çerçeve olarak fark edildi. Bugün kendisi "Oort Bulutu" –Oort'un, Güneş Sistemi'nin dışını saran devasa kuyrukluyıldız mahzeni düşüncesi– denince akla gelse de, 1950'lerde radyo astronomisinin büyük öncülerindendir. Oort, 21 cm gözlemlerini galaksimizin tıpkı diğer dış galaksiler gibi spiral bir yapısı –görünür dalga boylarında ayırt edilmesi olanaksız– olduğunu göstermek için kullandı.

Dünya dışı zekâ konusundan epey uzaklaştığımızı düşünebilirsiniz ancak konuya hızla dönüyoruz. 1959 yılında *Nature* dergisi, fizikçi Giuseppe Cocconi ve Philip Morrison'ın *Searching for Interstellar Communications* (Yıldızlararası İletişimleri Ararken) başlıklı makalesini yayımladı. Yazıda, eğer uzaylılar başka medeniyetlerin dikkatini çekmek için yıldızlararası bir radyo feneri kurmak isterlerse, bunu en iyi 1420 MHz frekansında yapabilirler vurgusu vardı. Dünyadaki radyo astronomlarının bu frekansta nötr hidrojen gözlemleri

yaparak bolca vakit harcadıklarını biliyoruz ve tüm evrendeki radyo astronomlarının da aynı şeyi yaptığı neredeyse kesindir.

Bu konunun üzerinde biraz fazla durmuş olabilirim çünkü diğer yazarların konuyu geçiştirerek –okuyucuda SETI bilim insanlarının bu 21 cm, 1420 MHz aralığına odaklanmalarının keyfe keder hatta mistik bir şey olduğu izlenimi oluşturarak– önemsizleştirmelerinden rahatsızım. Örneğin, bir kitapta 21 ve 1420, "evrensel kozmik öneme sahip sayılar" olarak belirtilir. Bu kesinlikle yanlış! Mantık bundan çok daha zeki ve güçlüdür. Radyo astronomları, işlerini düzgün yapabilmek için 21 cm hidrojen çizgisine bakarak çokça vakit geçirirler ve bunu orada burada seyre dalarak değil, bu dalga aralığında gökyüzü haritaları çizerek yaparlar. Radyo dalgaları hakkında bilgisi olan ve evrende kendi gezegeni dışında başka gezegenlerle ilgilenen (ve düşünürseniz bu ikisi, bir yıldızlararası planlı radyo mesajı gönderecek olan her uygarlık için ön koşuldur) her uzaylı, 21 cm dalga boyunun öneminden aynı şekilde haberdar olacaktır. Radyo fenerlerinin görünme şansını artırmak istiyorlarsa, ayarlayacakları dalga boyu budur.

SETI'yı pratikte ilk uygulayan kişi Batı Virginia'da bulunan Green Bank radyo gözlemevinden Frank Drake'dir. Eni yüz metre olan Green Bank dünyadaki en büyük radyo çanak antenidir ve Jodrell Bank'ın ikonik Lovell teleskobunun üç katı kadardır.

1960 yılında Drake, bu büyük çanağı yakındaki iki Güneş benzeri yıldıza –Tau Ceti ve Epsilon Eridani– çevirdi ve bu kritik 1420 MHz frekansında dinleme yaptı. İki yıldızdan da bir şey duymuyordu fakat teleskobu bir yönden diğerine döndürürken bir an geldi ve gökyüzünden gelen kodlu bir sinyal yakaladı. Kaynak çok hızlı hareket ediyordu ve öyle yüksek bir irtifadaydı ki Drake onun bir dünya dışı UFO ya da kullanımı serbest olan tüm hava araçlarının ilerisinde yetenekler-

le donanmış yüksek teknolojili bir uçak olduğunu anladı ve ikinci olasılık olduğu anlaşıldı. Birkaç hafta sonra CIA pilotu Gary Powers, süper gizli U-2 casus uçağının içindeyken Sovyet Birleşik Devletleri üzerinde vuruldu, Drake de bağlantıyı kurarak durumu anladı.

Gerçekte Frank Drake'in SETI'ya en önemli katkısı pratikte değil teorideydi: 1961'de formüle döktüğü Drake denklemi:

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

Bu etkileyici matematik semboller dizisinin anlamı ilerleyen sayfalarda netleşecek. Bir şekilde "uzaylıların var olduğunu" hayal eden her ateşli taraftar tişörtlerinin ve kupalarının baskısında ona sıklıkla rastlanır. Tayfın diğer ucundaysa her bir sembolün anlamı hakkında düşünen ve sıklıkla manasız lakırdılar olduğu sonucuna varanlar var ancak iki taraf da Drake'in, yazdığı denklemle varmayı denediği noktayı ıskalıyor.

Problemin bir yönü şu ki bu, gerçekte bir denklem değil. Bir denklem kesin bir matematiksel ilişkidir; örneğin, kuvvet eşittir kütle çarpı ivme diyen Newton'ın ikinci yasası gibi. Kütle ve nesnenin ivmesi için sayısal değerler verdiğinizde ortaya çıkan, uygulanan kuvvetin kesin sayısal değeridir. Drake'in denklemi ise bütünüyle başka bir şey; bilinmeyen bir niceliğin kabataslak sayısal ölçümünü vermek için tasarlanmış, yalın bir sezgisel formül. Genellikle "denklem" payesi vermeseler de, bilim insanlarının ve mühendislerin her zaman kullandığı türden bir şey bu. Belirli bir savda, bir liyakat olup olmadığına dair basit bir tutarlılık kontrolü.

Bir başka keşmekeş meydanı da, Drake denkleminin test etmek için tasarlandığını öne süren kendine özgü iddia. "Galaksi zeki uzaylı uygarlıklarla doludur" şeklinde büyük bir felsefi iddia değil de çok daha pratik olanı: "Uzaylıların me-

sajlarını dinleme uğraşında, radyo teleskobu gözlem zamanı ayırmak için yatırım yapmaya değer". Cevabın, dinleme çabasını zahmete değer kılmak adına "evet' olması da gerekmez; yeter ki vurgulu bir "hayır" olmasın.

Drake denkleminin nasıl çalıştığını görmek için, aynı akıl yürütmeyi daha basit bir soruya uygulayalım. Amerika Birleşik Devletleri'nde kaç profesyonel astronom var? Başlangıç noktamız, aradığımızda kolayca bulacağımız bir istatistiktir: Amerikan üniversitelerince her yıl mükâfatlandırılan ortalama astronomi doktora derecesi sayısı yüz elli kadardır. Doktora derecesi almış herkes yaşamına profesyonel astronom olarak devam etmiyor ancak mantıklı bir varsayımla yarısının bunu yaptığını düşünelim. Profesyonel kariyer ortalama kırk yıl sürüyor desek, bu üç sayının çarpımı, 150 x 0,5 x 40 = 3000 olur.

Bu da bizim Amerika Birleşik Devletleri'ndeki profesyonel astronom sayısı tahminimiz. Doğru cevap olması olası değil fakat yaklaşık tutara yakın. Cevabın yalnızca "bir düzine ya da öyle bir şey" olmayacağından neredeyse eminiz ve "milyonlarca"* da olmayacak. Amaç, cevabı sezmek: Drake denkleminde de durum buna benziyor.

Elbette Drake'in hedefi çok daha fazla çaba gerektiriyordu: Radyo sinyali göndermesi ihtimal dahilindeki uzaylı uygarlıklarının sayısını kestirmek. Yine de temel mantık aynı. Samanyolu Galaksisi'nde her yıl oluşan yeni yıldızların sayısıyla başlarsınız, bu yıldızların etraflarına radyo yayını yapma uygarlığına sahip olmaları muhtemel (aşağıdaki tabloda görüleceği gibi, Drake gerçekten de bu kısmı uzunca bir ara faktör dizisine ayırıyor) kesitiyle çarparsınız ve son olarak da böyle bir uygarlığın radyo yayını göndermekle ilgilendiği yıl sayısıyla çarparsınız.

---

* Vikipedi'ye göre Amerikan Astronomi Topluluğu'nun yaklaşık yedi bin üyesi bulunuyor fakat hepsi profesyonel astronom değil.

Frank Drake'in radyo yayını yapan uygarlıkların ölçümü tablosu

Faktör	Drake'in alt sınır varsayımı	Drake'in üst sınır varsayımı
Galakside her yıl şekillenen yeni yıldızlar (R*)	1	1
Gezegensel sistemleri olan yıldızlar kesiti (f_p)	0,2	0,5
Her sistemdeki yaşanabilir gezegen sayısı (n_e)	1	5
Hayat olan yaşanabilir gezegen kesiti (f_l)	1	1
Hayatın zeki uygarlık geliştirme olasılığı (f_i)	1	1
Radyo yayını yapan uygarlıklar kesiti (f_c)	0,1	0,2
Böyle bir uygarlığın sürdüğü yıl sayısı (L)	1000	100.000.000
Hepsinin çarpımı	20	50.000.000

Drake denklemindeki ilk faktör olan galakside her yıl oluşan yeni yıldız sayısı, mantıken iyi yapılandırılmış tek öğedir. Sayı gerçekte Drake'in 1 numaralı figüründen bir nebze daha fazla olsa da bu doğru yapılmış bir yuvarlak hesap. Diğer faktörler ise tartışmaya açık ve bugünkü mutabakata göre bazıları Drake'in varsayımından bir nebze daha yüksek ve birkaç tanesi de hayli aşağı. Son sayı ise –radyo yayını yapan bir uygarlığın buna devam ettiği zaman zarfı– özellikle tartışmaya açık. Bu sadece zeki bir türün beklenen yaşam süresini belirtmez –öyle olsa Drake'in yüz milyon yıl olan üst sınır varsayımı güvenilir olurdu–, türün yıldızlararası radyo dalgalarını yayma projesi hakkındaki kararlılık süresini de gösterir. Bu açıdan bakıldığında, Drake'in bin yıl olan alt sınır varsayımı da bariz iyimser görünüyor.

Drake denklemindeki çoğu faktörün belirsizlikle karşı karşıya olması, denklemi eleştirmenlerin ondan böylesine nefret etmelerinin de nedenidir fakat bir konuyu atlıyorlar. Bu çalışmanın amacı kesin bir sayı sabitlemek değil, SETI'nın tamamıyla bir zaman israfı olmadığını göstermekti. Esas, hesaplanan ile gerçek değer arasında değişkenlik olmasaydı –ve son çözümde birden çok daha az, küçük bir sayı çıksaydı– felaket olurdu. Bu da SETI'nın hiçbir şekilde başarı şansı olmadığı anlamına gelirdi.

Gerçek şu ki, Drake'in "alt sınır varsayımı" olan 20, makul bir "üst sınır varsayımı" olarak alınabilir. Bu da hâlâ SETI'ya harcanan emeğe değer kılacak kadar yüksektir; özellikle de başarılı olduğu ortaya çıkarsa getirisinin muazzamlığı düşünüldüğünde. Zaten yıllar boyunca insanların vardığı sonuç da –radyo temelli SETI'nın gözlemsel astrobiyolojinin sacayaklarından biri olması kadarıyla– budur.

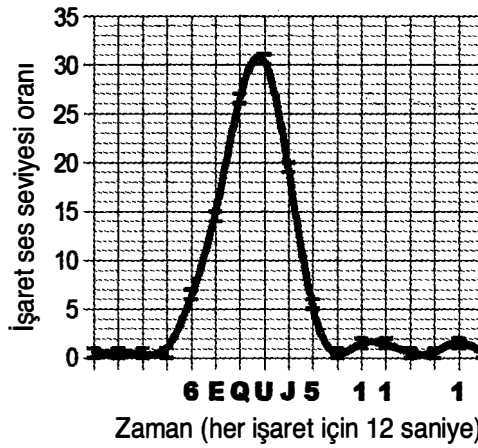
SETI'nın Altmış Yılı

Frank Drake, Green Bank teleskobunu Tau Ceti ve Epsilon Eridani'ye çevirdiğinden beri geçen altmış yılda, SETI sadece bir kez dünya dışı bir kaynaktan gelir gibi görünen zeki bir sinyal olarak ortaya çıktı. Ohio State Üniversitesi'ndeki Big Ear isimli farklı bir teleskop, 1420 MHz nötr hidrojen frekansını kullanarak 1977 yılında bu sinyali aldı. Sinyal, keskin sivri uç şeklinde biçimleniyor, teleskop gökyüzünü tararken geri plan sesini aşarak yükseliyordu ve araştırmacıların aradığı da tam olarak buydu. Onlardan biri olan Jerry Ehman yazıcıda şekli gördüğünde yanına *Wow!** yazdı ve ismi bu şekilde kaldı.

Aşağıdaki resim Wow sinyalinin grafik tasarımını gösteriyor, yatay eksende zaman ve dikey eksende ses şiddeti yer alıyor.

---

* (İng.) "Vay!" ya da "Hayret!" anlamına gelen bir nida. (Çev.)



Wow Sinyali.

(Wikimedia Ortak Kullanıcı Erişimi, CC-BY-SA-3.O)

Bilgisayar sonuçlarının kâğıt çıktılarının alındığı o eski günlerde, büyük miktarda data çıktısı almak savurganlık olurdu. Big Ear teleskobu bunun yerine uzunca bir alfa sayısal seri üretimi –her zaman örneği için bir karakter şeklindeki– yaptı ve her bir karakter sinyal kuvvetinin arka plan ses seviyesine oranını ölçtü. 0'dan 9'a rakamlar tam olarak ne dediklerini ifade ediyor, sonrasında A'dan Z'ye harfler 10'dan 35'e kadar numaraları temsil ediyordu.

Bu sistemle Wow sinyali "6EQUJ5" olarak ortaya çıktı – U = 30 noktasında keskin bir yükselişle doruğa ulaşan ve sonra keskin bir düşüşle zemine inen simgeleme. Böyle oluşu bir bakıma talihsizlik çünkü ilk bakışta sinyali kodlanmış bir mesaj gibi gösteriyor (ve üçkâğıtçı internet forumlarına kısa bir göz atarsanız bu mesajı deşifre ettiklerini iddia eden birçok insan bulursunuz) fakat bu gerçekte bir mesaj değil, yalnızca anlık bir sinyaldi ve bir daha da asla görünmedi.

Wow sinyalini neyin ürettiğini kimse bilmiyor. Uzaylılar olabilir ya da bütünüyle farklı bir açıklaması da olabilir. Astronomlar Antonio Paris ve Evan Davies'in 2016 yılındaki

fikirlerine göre Big Ear, tam da astronomların 1420 MHz frekansında –nötr hidrojen gaz– görmeyi umdukları şeyi tespit etti. Böyle kuvvetli ve ziyadesiyle bölgesel olan frekans kaynağının gökyüzünde tek bir gün belli bir noktada olması ve bir daha asla görünmemesi nasıl mümkün olabilir? Paris ve Davies'e göre cevap, sinyalin bir kuyrukluyıldızdan geliyor olmasıydı.

Bu çıkarım bir noktaya kadar mantıklı çünkü o zamanlarda gökyüzünde birkaç tane kuyrukluyıldız vardı ancak Big Ear'ın baktığı yönde değillerdi. Üstüne üstlük daha önce ismini andığım Seth Shostak –SETI uzmanı olmadan çok önce nötr hidrojen uzmanıydı– kuyrukluyıldızların kuvvetli hidrojen sinyalleri üretmeyeceğine dikkat çekiyordu. Bu nedenledir ki, –neyse ki aramızda Wow sinyalinin gerçekten uzaylılardan geldiğini ümit edenler var ve bu sözler onlar için– olayın hâlâ doğal bir açıklaması bulunmuyor.

Daha önce radyo astronomlarının 1420 MHz frekansını, nötr hidrojenin dağılım haritasını çıkarmak amacıyla uzun saatler izlediklerini söylememden yola çıkarak, insanların neden bu istikrarla süren SETI araştırmaları zahmetine girdiklerini merak edebilirsiniz. Sahi, uzaylılar bu frekansta bir radyo fener işareti oluştursalar, haritalardan birinde görünmez miydi? Maalesef işler bu kadar basit değil. Yapay sinyaller çoğunlukla hızlı zaman varyasyonlarıyla simgelenirler; radyo terimleriyle düşünürseniz bu, uzun sabit tonlarla değil de kliklerden ve biplerden oluşan bir seriyle benzeşir şekilde olur ancak radyo astronomları normalde, hızlıca değişen sinyalleri aramazlar; bu yüzden de mümkün olan en iyi "resmi" almak için uzun pozlama –gerçekten çok uzun olan– bir fotoğrafın eşdeğerini alırlar. Böylelikle suni bir sinyal niteliği olabilecek geçici yapı aşınır gider.

Zamanla değişen sinyalleri dinlemek için özel bir çaba gösteren bir radyo astronomu da 1967'de Cambridge Üniver-

sitesi'nde doktora öğrencisi olan Jocelyn Bell Burnell'dı. Burnell uzaylıları değil, uzak bir göksel cisimdeki radyo dalgaları Güneş Sistemi'ndeki iyonlaşmış gazdan geçtiğinde oluşan gezegenlerarası pırıldamayı arıyordu. Bu pek de heyecan uyandırmıyor fakat astronomlar için gerekli çünkü radyo dalgalarının geldiği uzak nesne hakkında bir şeyler anlatıyor. Her neyse, Jocelyn'in doktora projesi buydu ve bu yüzden de (tez yazma deneyimli herkesin bildiği gibi) tamamen bu konuya odaklıydı.

Sorun şuydu ki Burnell aynı özel frekansta –81,5 MHz, nötr hidrojen çerçevesinden epey düşük– aynı özel yöne baktığında, gezegenlerarası pırıldama olmadığı kesin ve can sıkıcı tekrarlardan oluşan bir sinyal buldu. Kabaca, her bir 1,337 saniyede (yeniden radyo benzetmesini kullanalım) bir kez bipliyordu. Hiçbir doğal kaynağın bu sinyali üretemeyeceği bilindiğinden, dünyaya uzaktaki uzaylı bir uygarlık tarafından düzenlenmiş yıldızlararası bir radyo fener işareti gibi göründü. Bu düşünce Jocelyn'e heyecan vermemiş olmalı ki birkaç yıl sonra şöyle yazdı:

> Ben yeni bir teknikle uğraşarak doktoramı almaya çalışırken, birçok sersem, küçük, yeşil adam bizimle iletişime geçmek için antenimi ve frekansımı seçmek zorundaydı.

Bu "küçük yeşil adamlar" tanımı gizemli kaynakla öyle bir bağdaştırıldı ki o zaman adına "LGM-1" (*Little Green Men*) dendi fakat dürüst olmak gerekirse bu uzaylı açıklamasını ciddiye alan yoktu. Çok geçmeden Jocelyn ve tez danışmanı Tony Hewish neler olduğunu ortaya çıkardı. Radyo sinyalleri çok küçük ve inanılmaz hızlı dönen bir yıldızdan geliyordu. Bugün titreşen yıldızlar olarak bilinen bu yıldızlardan galakside binin üzerinde bulunuyor fakat tümü de kusursuz bir biçimde doğal olgular ve uzaylılarla hiçbir ilgileri yok.

Wow sinyali ve LGM-1'le uzaylı radyo sinyal işaretine ramak kaldıysa da, astronomlar hâlâ su götürmez bir kanıt bulabilmiş değil. Umut kırıcı olsa da, muhtemeldir ki pek şaşırtıcı değil. Her şeyden önce, uzaylıların radyo sinyali çakma zahmetine –üzunca bir zaman ve çabayı gerektirecek olan– girmeleri beklentisinde neden olalım?

Drake denklemine dönersek, onun başka uygarlıklardaki uzaylılar tarafından planlı şekilde gönderilen radyo fener işaretleriyle mi –ki bu durumda 1420 MHz frekansa götüren mantık anlam kazanıyor– yoksa uzaylıların kendi amaçları için kullandıkları "yerel" radyo yayınlarıyla mı ilgili olduğu hakkında bir belirsizlik olduğu görülür. İkinci olasılık çok daha yüksek fakat –maksatlı olmayan bir sızma sinyalini yakalamakla ilgili olduğundan– verili bir uzaklıkta tespit etmesi daha zor. Dahası, –1420 MHz olmadığı sürece– uzaylıların ne tür frekanslar kullanacaklarıyla ilgili bir fikrimiz yok. Tıpkı radyo astronomlarına yararı dokunması için Yerküre'de yaptığımız gibi, bu frekansı olabildiğince sessiz tutacaklardır.

SETI araştırmacıları oldukça geniş bir frekans bandında "sızma" sinyalleri ararlar ancak sonuçtaki veri miktarı devasa boyuttadır ve bilgisayarda incelemesi epey vakit alır. Bunun çözümü 1999'da, Kaliforniya Üniversitesi'nde kurulan SETI@ home'du. Dünyadaki bilgisayar kullanıcıları, boştaki işlemci zamanlarının, anlamlı sinyaller arayan radyo teleskop verilerinin süratle taranmasında kullanılması için gönüllü oldular. İlk on yılın sonunda dünyadaki altı milyondan fazla kullanıcısıyla SETI@home, tarihteki en büyük dağıtık hesaplama projesi olmuştu. Analiz edilen verinin niceliği bağlamında da en başarılı olanıydı ancak maalesef dünya dışı zekâya ait kanıt bulma konusunda aynısı gerçekleşmedi.

Hayal kırıklığı fakat yüz milyar kadar yıldız olan galaksimizin gerçek ölçeğini de hatırlamak zorundayız. Bu yıldızlardan yüz ya da bin tanesi radyo sinyalleri yaysa bile saman-

lıkta iğne arıyoruz. Üstelik, yüzlerce ya da binlerce ışık yılı seyahat eden sinyaller bize ulaştıkları zaman oldukça zayıflamış olacaklar. Bunlar yıldızlararası uzaklıklara seyahat için gönderilme amacı taşımayan iletilerin sızmalarıysa da, pek de güçlü bir başlangıç yapmış sayılmayız.

Neyse ki teknolojimiz sürekli gelişiyor ve gelecekteki radyo teleskopları, Frank Drake'in SETI'yı başlattığı zamandan çok daha hassas olacak. Tasarlanan "Kilometrekare Tanzimi"yle –Güney Afrika ve Avustralya'da 2020'lerde kurulacak alıcı çanaklar gerçekten de bir kilometrekare alana yayılacak– dünyadan elli ışık yılı uzaklıkta herhangi bir yerdeki karasal mobil telefon sisteminin eşdeğerini tespit edebilecek.

SETI'nın geçmişten gelen bir başka sorunu da, tek ve iyi düzenlenen değil de, küçük ölçekli bağımsız girişimler çeşitliliğidir. İsmi anıldığında yetkinliğini hissettiren SETI Enstitüsü –Seth Shostak'in çalıştığı–, Jill Tarter'ın bilimsel liderliği altında 1984 yılında kurulmuş, küçük ve özel bir kuruluştu. Mali kaynağı, ABD'yle hiçbir ilgisi bulunmaksızın, özel şahıslardan geliyordu. 2019'un başında bu dağınık araştırma kısımlarını bir araya getirme çabasına giren Jill Tarter, "Technosearch" adında internet tabanlı bir destek programı başlattı; bu program doğrultusunda her bir SETI'nın 1960'dan bugüne tüm veri bankası oluşturuluyordu.

Bir başka ümit vaat eden gelişme de, Rus milyarder Yuri Milner'in bugüne kadarki en hevesli SETI program olan "Breakthrough Listen"a yüz milyon dolar yatırması oldu. Bu para, yılda binlerce saat süre boyu, iki radyo teleskobunda –kodlanmış lazer yayınlarını araştırmak için optik gözlemevleri kullanan Amerika'daki devasa Green Bank teleskobunu ve Avustralya'daki Parkes teleskobunu– geçecek gözlem zamanını satın alacak. 2025'te süre dolduğundaysa Breakthrough Listen, SETI araştırmacıları –ve böylece SETI@home yazılımı kullanan halk için– büyük ölçüde artırılmış veri toplamış olacak.

Anlamlı Mesajlar

Bir SETI mesajı tespit edildiğinde bu sadece başlangıçtır. Sıradaki sorun, ne söylendiğini açığa çıkarmak. Uzaylıların bunu başka bir uygarlıkla iletişim kurmak için bilerek yaptıklarını varsayarsak, kendilerini anlaşılır kılmak için nasıl başlarlardı? SETI araştırmacılarının yıllardır boğuştuğu soru bu ve hatta radyo teleskopları yoluyla –aldıkları değil de– yayınladıkları mesajlarla birkaç fikri sınadılar.

Bunların en bilineni, Puerto Rico'daki Arecibo gözlemevindeki 300 metrelik çanaktan çınlatılan Arecibo mesajıydı. Çapı Green Bank'in üç katı büyüklüğündeydi ancak yön verilebilir bir çanak değildi, alandaki doğal bir çöküntüye kurulmuştu. Bu da, gökyüzünde çevrili olduğu noktaya dar açıyla bakan ya da o şekilde ileten bir alan sınırında olması demekti.

Arecibo mesajı, 16 Kasım 1974'te, gözlemevinin daha gelişmiş donanımıyla, açılış seremonisinin bir bölümü olarak yeniden yayınlandı. Öteden beri yapılan benzer hareketler gibi, bu da uzaylılarla ciddi ciddi bir iletişim kurma girişimi değildi; bu yayın, bu iş için fazla kısaydı. Çevrildiği yönde, yakın bir yıldız sistemi de bulunmuyordu. Seremoni sırasında teleskop, Herkül takımyıldızındaki bir yıldız kümesine çevrili gibiydi ve küme, 24 bin ışık yılı uzakta olması sebebiyle pek ümit vaat etmiyordu. Yine de Arecibo mesajı, uzaylılar tarafından anlaşılabilecek bir mesaj yapılandırma yolunda gerçekten de keşifçi bir alıştırmaydı.

İmkânsız gibi görünen görev hakkında birkaç varsayım yapılabilir. Eğer uzaylılar mesajları almak için bizimkine benzer bir teknoloji kullanıyorlarsa (radyo sinyallerini alacak doğal bir yeteneğe sahip olmadıklarını varsayıyoruz), benzer bir bilim ve matematik kavrayışları da var demektir; böyle olmasaydı, gerekli teknolojiyi tasarlayıp inşa edemezlerdi. Bu akıl yürütme temelinde Arecibo mesajı bilim ve matematikle

yapılandırıldı. İkili aritmetik –"doğal" bir matematik sistemine en yakın olarak bildiğimiz şey– biçiminde kodlanan mesaj; DNA'nın, insan türünün, Güneş Sistemi'nin ve Arecibo teleskobunun bizzat kendisinin tanımlamalarını içeriyordu.

Harcayacak zamanınız varsa, Google'a Arecibo mesajı yazıp ne olduğuna bakabilirsiniz. Neyi temsil ettiği bana söylenmiş olsa da mesajı tamamen anlamsız buluyorum. Uzaylıların da mesajın anlamıyla ilgili bir ipucu yakaladıklarından şüpheliyim.

Yine de, mesajın amacı uzaylılara burada olduğumuzu söylemekse tüm bunlar fark eder mi? Gereken tek şey, karşı tarafın onu deşifre edip etmemesinin önemi olmaksızın, mesaj –doğal bir sürecin tesadüfi sonucu gibi değil de– gibi görünecek bir mesajdır. Şans bu ya, bir mesajın gerçekte ne söylediğini bilmeden onun doğruca kurulu bir lisanla yazılıp yazılmadığını ayırt etmenin bir yolu var. Zipf Yasası, bir mesajdaki çeşitli sembollerin tekrar sıklığını temel alır. Örneğin, bütün insan lisanları da, tıpkı şişe burunlu yunusların ve hörgüçlü balinaların "konuşmaları" gibi, Zipf yasasına uyar fakat sincap maymunlarının çene çalmaları bu yasaya uymuyor; eğlenceye bakın ki Arecibo mesajı da öyle.

Sorun yok. Arecibo mesajı hiç değilse, SETI'nın daha geniş kitlelerin ilgi alanına girmesini sağlayıp bilimi yaygınlaştıran faydalı bir çalışmaydı. On yıl geçmeden gönderilen bir başka "dünya dışı varlıklara mesaj" için de aynı durum geçerli: NASA'nın Pioneer 10 ve 11 uzay gemilerindeki ve şimdilerde Güneş Sistemi'nin dışına çıkan altın kaplı plakalar içinde taşınan bir mesaj. Ancak yıldızlararası standartlara göre gidişat pek de iyi değil. Diğer yıldız sisteminin –Aquila (Kartal) takımyıldızı– yakınından geçmeden önce önlerinde dört milyon yıl var ve o zaman bile radyo sinyallerinin uzaylılar tarafından yakalanması imkânsıza yakın.

Bu plakaları tasarlama işine dahil kişilerden biri de tanınmış astronom Carl Sagan'dır. İki uzay gemisi yola çıktıktan hemen sonra, kitabı *Kozmik Bağlantı*'da* bu konuyu ele aldı. Kitabın bölüm başlıklarından birinin isminin *A Message to Earth* (Dünya'ya Bir Mesaj) olması oldukça paradoksal. Kulağa bir yanlışlık varmış gibi gelse de, Sagan ne demek istediğini bölüm sonunda vurguluyor:

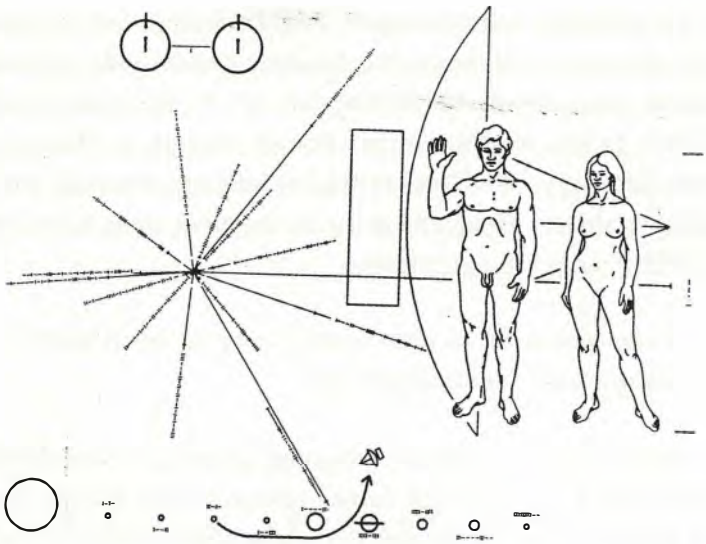
> Pioneer plakasının en önemli yönü, oraya bir mesaj göndermek değil, geri bir mesaj almaktır.

Alttaki resimde plakanın eskizi yer alıyor. Sol taraf –bilimli olan taraf– Yerküre'nin Güneş Sistemi'ndeki konumunun (en alttaki diyagram "Güneş'ten sonra üçüncü kaya parçası" olarak kabaca çevrilebilir) ve Güneş Sistemi'nin galaksideki konumunun sembolik bir betimlemesini veriyor (çizgiler, yakındaki titreşen yıldızlara olan yönleri ve uzaklıkları, titreşim frekanslarının ikili simgelemeyle gösterilmesi yoluyla anlatıyor). Tüm bunların uzaylıların ilgisini çekmesi mümkün fakat plakanın ayrıca, insanlara evrendeki önemsiz yerleriyle ilgili de keskin bir hatırlatma yaptığı söylenebilir.

Sağ tarafta –evrende bizim dışımızda kimsenin dikkatini çekmesi muhtemel olmayan– erkek ve dişi insan figürleri bulunuyor. Dünyaya özgü "dört uzuvlu omurgalı hayvan" şekli olması haricinde bu çizimlerin dünya dışı varlıklarca çözümlenemez oluşu da muhtemelen Sagan'ın dikkat çektiği bir konu. Görseli görecek optik duyu organları olsa bile, üç boyutlu nesneleri iki boyutlu yüzeyde betimlemenin bütünüyle farklı bir yoluna sahip olabilirler.

---

* Kitabın bendeki baskısını arayıp bulduğumda üzerinde bir not gördüm: *Kuzey Bromsgrove Lisesi Ödülü - Fifth Form Physics dalında Andrew May, 1974.* Gördüğünüz gibi bu konuyla ne kadar uzun zamandır ilgiliyim!



Pioneer plakası.
(NASA Görseli)

Böylelikle Pioneer plakasının temelde halkla ilişkiler konusunda bir egzersiz niteliğinde olduğunu belirledik ancak bu bağlamda bile niteliksiz bir başarı olmaktan öteye gitmiyordu. Sagan, "çıplak insanların böylesine müstehcen resimlerini uzaya göndermesinden" şikâyet eden mektuplar aldı. Birileri de kadının erkekten daha edilgen –ve dolaylı olarak daha az önemli– görünmesinden endişeye kapılmıştı. Ayrıca saç biçimlerine bakıldığında, iki figürün de etnik olarak Kafkas gibi göründüğü de bir gerçekti. Oysa Sagan'a göre, maksatları bu değildi. Eşinin çizdiği orijinal resimlerde erkeğin saçı afro tarzdı ve kadının saçı ise koyu renkliydi fakat son dokunuşlar yapılırken bu farklar kaybolmuştu.

Talihsiz nokta şu ki, dünya dönmeye devam ederken ve çeşitlilik mevzuları daha da önem kazanırken, Pioneer plakası elverişli şekilde yıllanmadı. Elbette bu, insanca bakış açısıyla böyle: Pioneer uzay aracını tespit eden herhangi bir uzaylı-

nın, Dr. Jill Stuart'ın –Londra Ekonomi Okulu uzay politikası uzmanı– plakayı 2015 yılında "Batı otoritesindeki materyal" olarak tanımlamasından rencide olması olasılık dahilinde değil. Öte yandan, aynı uzaylılar Yerküre'nin galaksideki lokasyonunu gösteren haritayı gerektiğinde deşifre etmeyi başarabilirler ve bu iyi bir şey olabilir de, olmayabilir de.

1983'e, Kapteyn Enstitüsü'nde bulunduğum zamanlara dönelim. Galaktik astronomi üzerine bir konferans yapıldı ve akşam yemeği sonrası konuşmacılarından biri de Seth Shostak'tı. "Galakside Hayat" konusunda konuşmayı seçmişti ve bu isim dolayısıyla da konuşma genelinde ciddiyetsiz bir havada geçti.* Böyle de olsa konuya giriş yapan ve Fermi paradoksunu, Drake denklemini, gezegensel atmosferlerde biyogösterge gazları ve hatta post-biyolojik evrim olasılığını kapsayan –hatırladıklarımdan değil, direkt konferans notlarına bakarak söylüyorum– oldukça iyi bir genel bakıştı. Seth, Pioneer plakasına da değindi:

> Mesajın alındığını ve doğruca deşifre edildiğini düşünsek bile klorofilimizi ya da diğer hammaddeyi ele geçirmek için uygarlığımızı imha edecek saldırgan bir kültüre varlığımızı açık etme bedbahtlığına uğramış olabiliriz. Bu bağlamda Carl Sagan'ın yazgısı, Yerküre'nin tükenişinden sorumlu adam olarak sonsuz bir şöhret kazanmak da olabilir fakat yüz bin yıl çok uzun bir zaman ve Carl'ın endişesi yok.

Aynı iddia, Arecibo tarzı mesajlar konusunda da öne sürülebilir, ki sürülüyor da. Bu mesajlar ışık hızında seyahat ettikleri için, potansiyel olarak çok daha kısa bir zaman diliminde yakalanabilirler. Bunun akabindeki "tehlike", fizikçi Stephen Hawking tarafından 2010'da kamuoyuna duyuruldu:

---

* Birkaç yıl önce Seth'le bu konuşmadan söz ettiğimizde bana bu sunumun SETI konusunda verdiği ilk genel sunum olduğunu düşündüğünü söyledi. O gün bunu fark etmesem de, ben de o tarihi olayda oradaymışım.

> Uzaylılar bizi ziyaret ederse, Kolomb'un Amerika'ya varışının Kızılderililer açısından iyi sonuçlanmayışına benzer bir durum söz konusu olabilir.

Benzetme çok çarpıcı ancak iyi bir örnek değil. Kolomb, Yeni Dünya'ya, orada yaşayanlar varlıklarını açık ettikleri için yolculuk etmedi; o, doğal kaynaklar arıyordu. Uzaylıların dünyaya gelecek olma sebeplerinden biri bu olabilir, gerçi Güneş Sistemi'nin farklı bölgelerini talan etmeyi daha az maliyetli bulabilirler. Nadir elementleri Yerküre'den değil de küçük asteroitlerden çıkarmak daha kolay olurdu çünkü su –peşinde oldukları buysa– buz şeklindeyken, Güneş Sistemi'nin dışında kendi gezegenimizden çok daha boldur. Her neyse, gidişat ne olursa olsun kaynak talancısı uzaylılar –Kolomb gibi– varlığımızı radyo dalgalarıyla belli etsek de etmesek de, gelecekler.

Hawking'in "göze batmamak isteyen" bakış açısına –sadece bir kez değil Hawking pek çok yerde konuya böyle yaklaşıyordu– karşıt görüş oluşturan kişi, SETI Enstitüsü baş sözcülerinden biri statüsündeki Seth Shostak'tı. Ona göre, uzaylılardan varlığımızı saklamaya çalışmamız anlamsız çünkü yıldızlararası yolculuk yapacak kadar gelişmişlerse, varlığımızı tespit edecek teknolojiyi de her halükârda geliştirmişlerdir. 2015 yılında *New York Times*'ta kaleme aldığı yazısı şu şekilde:

> Bu tehlikeyi ölçüp biçmekteki yetersizliğin bazı eleştirmenleri götürdüğü nokta, gökyüzüne kuvvetli sinyaller göndermemizin tamamen yasak olması gerektiği düşüncesi. Kaliforniya'daki ufak çaplı bir akademisyen birliği, gerçekten de bir imza kampanyası başlatma hazırlığında. Bu, ürkek bir yaklaşım. Aynı zamanda kuvvetsiz bir garanti. Bizi tehdit etmeye yetecek teknolojisi olan her dünya dışı varlığın, bizimkinden daha büyük antenleri, İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana da televizyon ve radyo sinyal yayınlarını rastgele yakalamaya yarayan araçları vardır. Bu sık ormana doğru çoktan beri ses-

leniyor durumdayız, sesimiz planlı sinyale göre daha düşük olsa bile, tehlikeli yaratıkların gelişmiş işitme duyuları olabilir.

Yalın gerçek şu ki, uzaylıların motivasyonlarını –ya da dünya görüşlerini veya ahlak anlayışlarını– bilmeden, onların dikkatini çekmenin iyi mi, kötü mü olduğunu bilmenin bir yolu yok. *Uzay Yolu*'ndaki Vulkanlar gibi gelişip olgunlaşmamızı mı istiyorlar yoksa Borglar gibi bizi ruhsuz bir imparatorluğa çevirerek asimile mi etmek istiyorlar? Soru iki şekilde de akademiktir çünkü zeki uzaylılarla gerçek yüzyüze iletişim, yakın gelecekte son derece olanaksız. Radyo ya da lazer iletisi yoluyla kodlanmış bir mesaj almamız çok daha olası ve bunun bir tehlikesi yok ya da var mı?

Aslına bakılırsa, olabilir. Önceki bölümde söz edildiği üzere, astrofizikçi Fred Hoyle'un bilimkurguyla amatörce uğraştığını biliyoruz; 1957 tarihli romanı *Kara Bulut*'tan zaten bahsettik. Bundan dört yıl sonra profesyonel yazar John Elliot'la, hem kitap hem de televizyon dizisi formatında olacak şekilde *A for Andromeda* için ortak bir çalışma yürüttü. Heyecan uyandıran bu bilimkurgu hikâyesi, *Kara Bulut*'tan daha iyi yazılmıştı; bu nedenle tamamının Elliot tarafından yazıldığından ve Hoyle'un sadece temel fikre destek verdiğinden şüpheliyim. Yine de epey parlak bir fikir.

Hikâyenin başkahramanları, uzaydan bir sinyal yakalarlar ve mesaj bir bilgisayarla deşifre edildiğinde, çok daha kuvvetli bir başka bilgisayarın yapımı için komutlar içerdiği anlaşılır. Bilim insanlarına yeni bir yaşam formu oluşturmanın yolları gösterilmektedir fakat komutlar tam anlamıyla anlaşılmadan uzaylı istilası başlar. Neredeyse tamamen aynı olan ve DNA'nın ne olduğunu bilen seyirci için güncellenmiş hikâye, 1995 tarihli Hollywood filmi *Species*'te* de bulunuyor.

---

* Türkiye'de *Tehlikeli Tür* adıyla yayınlanmıştır. (Ed.)

Bilimkurgu tarihindeki tüm uzaylı tehdidi meselelerinin içinde belki de en inandırıcısı bu olabilir. Hem *A for Andromeda*'da hem de *Species*'te uzaylının insan formunu almasından –ki kesinlikle olanaksız– söz etmiyorum. Fikir tamamen, alınan bir mesajın kötücül bir bilgisayar programı formunu alabilmesiyle ilgili. Hoyle ve Elliot'un romanı yazdıkları 1961 yılında, uzaylı mesajını çözmek için bilgisayar kullanma fikri özgündü. O günlerin standardı, sinyali analog bir teybe kaydetmek ve insan dilbilimciler ve kriptoloji uzmanlarıyla çözümlemekti fakat tüm bunlar şimdi değişti ve mesaj, daha insan bilim insanları onun alındığını fark etmeden dijital formda kaydedilmiş oluyor. Zor kısım olan mesajı çözme ve yorumlama işinin bilgisayar dışında başka bir şey kullanılmadan yapılması fikri, adeta akla hayale sığmıyor.

"Kötü amaçlı yazılımın" herkese tanıdık olması modern hayatın acı bir gerçeği. Neden uzaylıların da fikri bu olmasın? Elbette hepsinin değil fakat –bilgisayar programcılarının dünyasında da olduğu gibi– küçük ama tehlikeli bir azınlığının? Astronom Michael Hippke ve John Learned'ün konuyla ilgili 2018'de yayımlanan makalelerinden bir alıntı:

> Doğrulanabilir dünya dışı zekânın (ETI)* zararlı olmasının pek mümkün olmadığı iddia edilse de, bu olasılığı dışlayamayız. Neticede ETI'nın insanlığın kökünü kurutmak için savaş gemisi göndermesindense, kötü amaçlı bir mesaj göndermesi daha ucuza gelecektir. ETI varsa, iyi ve kötü uygarlıklar çokluğu da olacaktır. Belki çok az sayıda ETI vardır ancak herhangi bir mesajı gönderenlerin niyetlerinden kesinkes emin olamayız.

Hippke'nin ve Learned'ün ileri sürdükleri bir olasılık da şuydu: Mesajı gönderenler bizim yerli iletişimlerimizin sin-

* (İng.) Extraterrestial Intelligence. (Çev.)

yallerini yakaladıysalar ve kaygılarımız ve güvensizliklerimiz hakkında fikir edindiyseler, "Güneş'inizi süpernovaya çevireceğiz" gibi düzmece tehditlerle korku tohumları ekmeyi de deneyebilirler ya da dünyadaki dinlerden birinin doğru ve diğer hepsinin yanlış olduğuna dair kasıtlı şekilde ayrılıkçı beyanlarla mesajlaşma başlatabilirler. Bu tip mesajlar, istilacı bir filo kadar sorun olabilir.

Hippke ve Learned'ün tartıştığı bir başka tehditse –ve *A for Andromeda* senaryosuna en yakın olanı–, aşağıdaki satırlara benzer bir ifadeyle başlayan, uzun kodlanmış bir mesajdı:

> Biz dostuz. Galaktik kütüphane ektedir. Lisanınızı hızlıca öğrenip sorularınızı yanıtlayacak bir AI (Yapay Zekâ) formu. Şu komutları takip ederek kodu çalıştırabilirsiniz...

Böyle teklifsiz bir e-posta gördüğünüzde, ekteki dosyayı açmadan mesajı silerdiniz. Üzücü ancak Hippke ve Learned de, "Böyle bir uzaylı mesajı varsa akıllıca olan onu silmektir," diyerek makaleyi bitiriyor. Sonuçta, uzaylıları onlarla sahici iletişim kurmadan gözlemlemenin bir yolunu bulabilirsek bu daha güvenli olur. Gelecek bölüm işte tam da bununla ilgili.

YILDIZLARARASI MÜHENDİSLİK 4

Galaksideki binlerce zeki uygarlık olsa da, çok küçük bir azınlığı –eğer varsalar–tespit edebileceğimiz radyo mesajları yayıyor olabilir. Sinyaller bize ya da bizim gibi uygarlıklara yönelikse, gönderenlerin yıldızlararası iletişimde ilgi duydukları konular bizimkiyle aynı olmak zorunda deriz ancak durum hiç de böyle olmayabilir. Öte yandan, yerli iletişimlerdeki rastlantısal bir sızmadan konuşuyorsak, bu durum uzaylıların enerji randımansızlığı içinde yön değiştirdiğini gösterir, ki gelişmiş bir uygarlık için bu da olasılık dışı bir ihtimal.

Varlığı olası bir uzaylı medeniyetinin, kendi işiyle meşgul olması daha muhtemel bir ihtimal. Uğraştıkları işin esas doğasını bilmeden de, bir ihtimal tespit edebileceğimiz teknogöstergeler –uzaylıların orada olduğunu söyleyen ikaz lambaları– üretiyor olabilirler.

Diyelim ki bizimle denk teknolojiye sahipler. Böyle bir durumda gezegenimizin uzak bir gözlemciye varlığımızı açık edebilecek ender özelliklerini düşünerek işe başlayabiliriz. Bir olasılık gece ışıkları olabilir. Uzaydan bakıldığında, dünyanın yüzü Güneş'e dönük olmayıp kapkaranlık olması gereken tarafı, şehirlerden ve insan uygarlığının başka ürünlerinden çıkan milyonlarca küçük ışık noktacığıyla yapay olarak aydınlanmış durumda. Yayılan bu ışık, bir karakteristik gösterge olunca, benzer uygarlığa sahip başka bir gezegende de durum aynı olur. Astronomik standartlara göre, ışık oldukça

soluk olacaktır ve teleskoplarımız ışık yılı uzaklıklardan onu yakalayacak kadar kuvvetli değil fakat gelecek nesil araçlar bu şekilde olabilir.

Varlığımızın bir diğer bariz göstergesi daha az gurur duyabileceğimiz bir detay: Atmosferdeki endüstriyel kirlilik. Biyogöstergeler –teknogöstergelerin mikrobik karşılığı– hakkında 6. Bölüm'de konuşmaya devam ederken dış gezegenlerin –başka yıldızların etrafında dönen gezegenler– atmosferlerindeki kimyasalları tespit etmenin mümkün olduğunu göreceğiz. Burada, Yerküre'de, bu biyogöstergeler milyarlarca yıldır –hayatın var olma süresince– varlar fakat atmosferde daha yeni olan, endüstri süreçleriyle üretilmiş kimyasallar da mevcut. İşe bakın ki, bu kategorinin en kullanışlı göstergesi, kloroflorokarbon (CFC) adındaki özellikle zararlı bir sera gazı grubu türüdür. Bunların herhangi bir doğal süreçle üretimi oldukça olanaksız ve 2021 yılı içinde kurulacak James Webb Uzay Teleskope'uyla* rahatlıkla tespit edilebilir olacak.

Teknogöstergeler oluşturma bakımından uygarlığımız henüz çocukluk çağında diyebiliriz; bunu en fazla birkaç yüz yıldır yapıyoruz. Oysa kozmik zaman milyarlarca yılla ölçülür. Kimi dünya dışı uygarlıklar olması ihtimali milyarlarca yıl değilse de, milyonlarca yıl zaman dilimi için söz konusu ve bu birtakım ilginç olasılıklar doğuruyor.

Büyük Düşünmek

Milyonlarca yıl yaşında bir teknolojik uygarlık düşünün. Bazı bilimkurgu yazarlarının çoğunlukla varsaydığı gibi, yıldızlararası uzaya çıkıyor olsun. Peki ya evde dururlarsa? Burada, Dünya'daki örneğe bakarak bir şeyin kaçınılmaz ol-

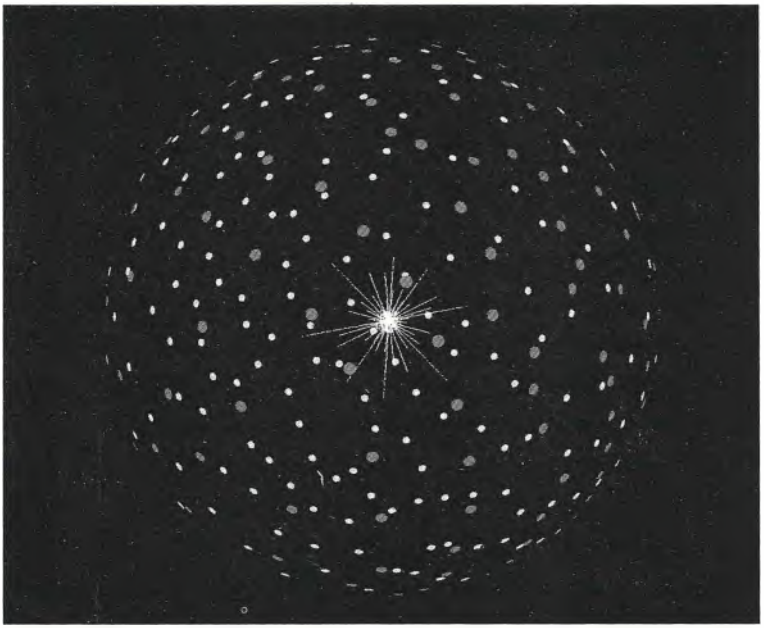
* 25 Aralık 2021'de, Guyana Uzay Merkezi'nden uzaya fırlatıldı. (Ed.)

ması gerekiyor, ki o da başarılı olan nüfusun giderek artması. Peki, yuvaları olan gezegeni tıka basa doldurduklarında nereye gidecekler? O zaman onları, gezegen sistemleri içinde habitatlar sürüsü inşa etmek için "yapı materyalleri" taşıyarak, merkez yıldızlarına ideal uzaklıkta dolanırlarken hayal edebiliriz.

Sonuç, Dyson küresidir, ki bu fikri 1960'ta ortaya atan fizikçi Freeman Dyson'ın adını taşır. Dyson, nüfus artışı sorunları açısından düşünüyordu fakat gelişmiş bir uygarlığın böylesi bir mega yapı kurmak istemesi için başka sebepler de vardır. Mega yapı, normalde gezegen yüzeyine düşen enerjiye oranla çok daha fazla güneş enerjisi çekerdi ve enerji, tüm olası teknolojiler alanı için temel bir çalıştırıcıdır. İçedönük bir yaklaşımla vardığımız uçta, uzaylıların, yarattıkları devasa bir Matrix tarzı sanal gerçeklik evreninde yaşamayı seçtiklerini düşünebiliriz. Diğer uçtaysa, Dyson küresinin, uzay-zaman sürekliliğinin bir başka kısmına doğru bir solucan deliğini çalıştırmak için enerji sağlama ihtimali var.

Bu türden bir kurgu elbette tam bir fantezi ve Dyson'ın orijinal makalesi bununla ilgili değildi. Dyson, uzaylıların böyle bir küre inşa edecek olma sebeplerine ve onunla ne yapacaklarına odaklanmıyordu, daha pratik bir soruyla ilgileniyordu. Galakside Dyson küreleri oluşursa onları tespit edebilecek miyiz?

Çıkan sonuca göre, bir Dyson küresi gerçekten de, keşfedebileceğimiz karakteristik bir gösterge üretiyor. Haziran 1960'ta *Science* dergisinde yayımlanan orijinal makalenin başlığı "Kızılötesi Radyasyonun Yapay Yıldızsal Kaynaklarının Arayışı"ydı. Fikir ise şuydu: Bir yıldızın çevresindeki yapay objelerden oluşan büyük küme, normalde ondan gelmesi beklenen yüksek miktarda ışığı emer.



Bir Dyson küresi: Merkez bir yıldızın çevre yörüngesindeki yapay objelerin büyük kümesi.
(Vikipedi Genel Kullanıcı Rfc, CC-BY-SA-3.0)

Yerküre'de, gezegenin yüzeyine düşen ışığın çoğu ısı şeklinde –ya da daha teknik bir terimle, kızılötesi dalgalarla– yeniden uzaya ışır. Bir Dyson küresinde de –çok daha devasa miktarlarla olmak kaydıyla– aynısı olabilir. O halde tüm yapmamız gereken, kızılötesi şeklinde anormal yüksek miktarda enerji emen yıldızları aramak olacaktır.

Dyson'ın orijinal fikrinden sonra, Dyson küreleri için birkaç gözlemsel çalışma yapıldı. Bunların en kapsamlı olanı, Chicago yakınındaki Fermilab'da* çalışan Richard Carrigan'dan geldi. Carrigan, gökyüzünün yüzde doksan altısını

* Fermi'nin nükleer fizikteki çalışması sonrası bu ismi aldı, Fermi paradoksuyla bir ilgisi yok.

kapsayan bir haritalamayla çeyrek milyon kaynağı, IRAS'tan* (Kızılötesi Astronomik Uydusu) gelen veriyi gözlemledi. Ne yazık ki sonuçlar, Carrigan'ın açıkladığı üzere yetersizdi:

> Bu araştırma en iyi ihtimalle, akla yatar gibi görünen az sayıdaki Dyson küre göstergelerini belli etti. Bu sayı hem salt hem de kısmi Dyson kürelerini kapsıyor. Birkaç olası istisnayla birlikte bu çalışmada tespit edilen tüm sağlam kaynaklar, bir Dyson küre adayı olmaktan çok, geleneksel açıklamalar taşıyor. Aslında evrimlerinin geç bir aşamasındaki tozla kaplı yıldızlar olan Dyson küresi benzerleri bulunsa da, ilgi uyandıran Dyson küresi adaylarına oldukça nadiren rastlanıyor.

Dyson tarafından öngörülen kızılötesi teknogöstergelerin, zaman içinde sürekli olduğu varsayılır: Böyle bir yıldıza her baktığınızda, aynı zayıflamış optik parlaklığı ve artmış kızılötesi salımı görürsünüz. Merkezi yıldızın çevre yörüngesindeki küçük objeler yığınından oluşan klasik bir Dyson küresinde durum böyle olurdu. Peki, yıldızı görüş hattımızı bazen karartan bazen de karartmayan asimetrik bir mega yapı olursa? Böyle bir düzen yine kendine özgü bir teknogösterge üretirdi fakat bu, zamanla değişen bir örnek olurdu.

Bu fikir Fransız astronom Luc Arnold'ın 2005'te yazdığı *Transit Light-Curve Signatures of Artificial Objects* (Yapay Objelerin Transit Işık Eğrileri Göstergeleri) başlıklı bir makalede ortaya kondu. 6. Bölüm'de Kepler uzay teleskobunun, ev sahibi yıldızlarının önünden geçen ötegezegenleri tespit etmek için nasıl tasarlandığını göreceğiz. Bu tip bir geçişe transit denir ve etkisi yıldızın "ışık eğrisinde" –gezegen, yıldızın önünde olduğu zamanlardaki çok hafif loşlaşma– görülür. Arnold'ın fikri, yapay bir mega yapının kendine has farklı ancak eşit derecede karakteristik bir ışık eğrisi üreteceğiydi.

---

* (İng.) Infrared Astronomical Satellite. (Çev.)

Kepler, Arnold'ın fikrinden dört yıl sonra, 2009'da gönderildi. Uzay gemisi yüz binlerce yıldızdan veri topladı ve bu yıldızların ışık eğrileri, hem profesyonel astronomlarca hem de ulusal bilim projesi olan Planet Hunters (Gezegen Avcıları) tarafından, gezegensel transitlerin göstergelerini bulmak için itinayla tarandı. 2015'te Planet Hunters projesindekiler, gezegene hiç benzemeyen ve Luc Arnold'ın yapay bir mega yapıyla ilgili öngörüsüne çok benzeyen özel bir ışık eğrisi keşfettiler.

Eğri, Kepler kataloğunda KIC 8462852 ismi verilen bir yıldızla bağdaştırıldı. Neyse ki yıldız, Planet Hunters girişiminin başı ve keşfi duyuran makalenin başyazarı Tabetha Boyajian'ın kulağa daha içten gelen adını aldı. Haberler medyayı sallayınca da yıldızın üçüncü bir ismi daha oldu: *The Alien Megastructure Star* (Uzaylı Megayapı Yıldızı)... Buna rağmen çoğu yazar, gazetelerin ufacık yazılı köşelerinde, gözlenen bu ışık eğrisinin yapay objelerin bir yığını olması meselesinin yanı sıra, başka olası açıklamaları olduğunu da itiraf ettiler.

İşin eğlencesi, bu ismin kullanımı, bahse tutuşanların favorisi olan alternatif açıklamalardan biri ortaya atıldıktan sonra dahi devam etti. Örneğin, *National Geographic*'in Ocak 2018 tarihli bir başlığına bakalım: *Mystery of Alien Megastructure Star Has Been Cracked* (Uzaylı Mega Yapı Yıldızının Gizemi Çözüldü). Yazının devamını okuyunca, bunun kesinlikle bir mega yapı değil, bir toz bulutu olduğu konusu netleşiyordu. Boyajian ve ekibinin sonraki çalışmasını konu eden yazı, Boyajian'dan şöyle alıntı yapıyordu:

> *Eğer bir megayapı gibi katı ve opak bir obje yıldızın önünden geçiyorduysa, ışığı tüm renklerde eşit olarak engellerdi. Bu ise gözlemimizle çelişiyor.*

Yine de medyanın Tabby's Star'a "uzaylı mega yapı yıldızı" dememeyi öğrenmesi uzun zaman alabilir. Her neyse; fikir tamamen alaşağı olmuş da değil. Bu özel durum için olasılık dışı görünse de, Arnold'ın temel argümanı her zaman geçerliğini koruyor ve ışık-eğrisi loşlaşması, mega yapı adayları arayışı için ümit veren bir yöntem.

Gelişmiş bir uygarlığın, tespit edilebilen teknogöstergeler üretebilmesinin başka yolları da olabilir. Şimdiye kadar gözden geçirdiğimiz kısmında mega yapılar, uzaylıların yuvaları olan gezegen dolaylarında kalmayı seçtikleri hallerde anlamlı oluyor. Peki ya bilimkurgu yapımlarındaki uzaylılar gibi, galaksiye doğru seyahate karar verirlerse? Yıldızlararası uzay gemileri konusunu ciddiye almak için çetin bir mücadele vermek gerek ve nedeni de, pek çok UFO görme olayının inandırıcılığının eksikliğidir ancak gökyüzündeki sıra dışı şeylere bakıp da, "bu kesin uzaylı gemisi" demek yerine, soruna daha bilimsel yaklaşalım. Eğer yıldızlararası uzay araçları varsa onları tespit etmeyi ümit edebilir miyiz? Cevap evet gibi görünüyor, muhtemelen de çok uzak bir gelecekte mümkün olacak.

Kilit konu şu ki, uzay hızına yakın –ve yıldızlararası yolculuğun pratik olması isteniyorsa bu, hız zorunludur– bir uzay aracının bile hızlanması için muazzam bir enerji gerekir. Ayrıca itici güç ne kadar iyi tasarlanmış olursa olsun, yüzde yüz verimli olması da olası değil. Bu da enerjinin bir kısmının boşa gideceği ve potansiyel olarak tespit edilebilir olacağı anlamına gelir.

Bu olasılık, Robert Zubrin tarafından 1994'te, *Detection of Extraterrestial Civilizations via the Spectral Signature of Advanced Interstellar Spacecraft* (Yıldızlararası Gelişmiş Uzay Aracının Spektral Göstergesi Yoluyla Dünya Dışı Uygarlıkların Tespiti) başlıklı bir makale sunumuyla tartışıldı. Mühendislik detaylarına girmeden, varsayımsal bir "yıldızlararası uzay

gemisi kullanımı" için temel oluşturacak prensipler dizisi üzerine düşünüyordu. Vardığı sonuç, bu gemilerden her birinin karakteristik bir radyasyon biçimi –fizik bilimlerine bağlı olarak, düşük frekanslı radyo dalgalarından tutun da gama ışınlarına kadar uzanan– oluşturdukları ve bu radyasyonun standart astronomik araçlar kullanarak yıldızlararası uzaklıklar içinde tespit edilebilir olduğuydu.

Sorun şu ki, benzer radyasyon, doğal astrofiziksel süreçlerce de üretilebilir ve aslında bu standart astronomik araçların varlığının başlıca nedeni budur; bu yüzden esas olay bu radyasyonda, bilinen herhangi bir doğal kökenle tutarlı olmayan gizemli bir örüntü aramak ve sonra da yapay olup olmadığına bakmaktır.

Fast radio bursts (hızlı radyo artımları) ya da FRB'lerin 2007'deki keşfiyle olan tam da budur. Bunlar gerçekten hızlıdır, sadece birkaç milisaniye sürerler fakat bu zaman zarfında müthiş bir enerji sunarlar. Bu enerjinin çok az bir kısmı bize ulaşır çünkü o kadar uzak mesafeden gelir ki, uzayın devasa hacminde dağılır. Yani FRB kaynakları galaksimizde bile olmayıp milyonlarca yıl uzaklıktaki galaksilerdedir denilebilir. Onlara yol açan sebep hakkında bir uzlaşma bulunmuyor ve fakat spekülasyon eksikliği de bulunmuyor. Bunlardan birine göre FRB'ler, Zubrin'in konuştuğu türden "gelişmiş yıldızlararası uzay araçlarının tayfsal göstergeleridir".

Bu fikri ilk olarak Harvard Üniversitesi astronomları Manasvi Lingam ve Avi Loeb, 2017'de *Astrophysical Journal*'da yazdıkları makalede ileri sürdüler. Yıldızlararası uzay gemisinin ışık hızına çok yaklaşarak ivmelendirilmesi için gereken büyük enerji miktarını hesaba katarak, tüm bu enerjinin geminin içinde üretilmesinin imkânsız olabileceğini savundular. Enerji, geldikleri gezegende üretiliyor ve uzay aracını direkt bir basınçla –materyal parçacıklarla değil, lazer benzeri ışınımlarla– itiyordu. Aynı prensip çok daha sade ölçekte –

Güneş'ten gelen ışınım basıncıyla itilen "ışık yelkenlisi" kullanılması yoluyla– Güneş Sistemi'nin içindeki uzay aracının itici gücü için düşünüldü.

Yakın gelecekte böyle bir ışık yelkenlisi inşa edebilirliğimiz mümkün olsa da, kapsamını milyon tonluk yıldızlararası bir uzay aracına genişletmek şimdiki becerilerimizin epey ötesindedir. Yine de bu, ilgili işin neleri kapsayacağını düşünmekten bizi alıkoymuyor. İşte Lingam ve Loeb'in makalelerinde yaptıkları da tam olarak bu. Böyle bir sistemin güç ve frekans gibi kilit parametrelerinin, FRB'nin gözlenen nitelikleriyle iyi bir eşleşme olduğu sonucuna vardılar. Onları milisaniye süreli ışıltılar halinde görmemiz, yalnızca söz konusu kısa zamanda faal oldukları anlamına gelmez ancak ışın o kadar sıkıca odaklıdır ki Yerküre'yle hizalandığı o kısacık anda, sadece gözümüze ilişiverir.

Lingam ve Loeb'in iddiası, FRB'nin uzaylı gemileri için itici güç kaynağı olduklarını ispatlamaz fakat bir olasılık oluşturur. Makalenin basın bültenindeki Loeb'in sözlerinden alıntılayalım:

> Tam bir güven içinde olası bir doğal kaynak saptamış değiliz. Yapay bir köken, düşünmeye ve incelemeye değer.

Bu doğru olduğu kadar, FRB'lerle ilgili farklı bilim insanlarınca öne sürülen deneysel açıklamalardan biri olarak da kalıyor. Yine de kitle iletişim araçlarının merakını en çok uyandıranın da FRB'ler olması şaşırtıcı değil. Bilgi teyidi sitesi Snopes'un 2019'da işaret ettiği gibi, medyanın "bu radyo dalgası artımlarının kaynağının bir tür uzaylı teknolojisi olduğu hipotezinin başı çektiği izlenimi" uyandırma eğilimi oldukça fazla. Snopes sadece sansasyonel gazetelerden değil, saygın gazete *Guardian*'dan da bir manşet alıntılıyor: *Mysterious Fast Radio Bursts from Deep Space Could Be Aliens* (Uzayın

Derinliklerinden Gelen Gizemli Hızlı Radyo Artımları Uzaylılar Olabilir).

"Elbette her şey uzaylılar *olabilir*," diyor Snopes muhabiri alaycı bir şekilde. Ve bu bizi dosdoğru, bir sonraki konuya götürüyor...

Antik Uzaylılar (Cidden)

Her şeyin uzaylıların işi olabileceği "ve muhtemelen olduğu" fikri, televizyon dizisi *Ancient Aliens*'a konuk oyuncu olarak katılan Giorgio Tsoukalos'un internet geyiğiyle geniş kitlelere ulaştı. Bu dizi, dünya dışı varlıkların Yerküre tarihi boyunca bizi ziyaret ettikleri ve tarihi şekillendirmeye yardımcı oldukları –Erich von Däniken'in çoksatan kitabı *Tanrıların Arabaları*'ndan tanıdık geliyor mu?– temeline dayanıyor. Dünya dışı varlıkların, Mısır piramitleri gibi, eski dünya harikalarının ardındaki beyinler olduklarına inanılması da en meşhuru. Çoğu insan buradaki mantıksızlığı ("Yani Mısırlılar onları yapabilecek kadar akıllı değiller miydi?, Uzaylılar neden tuğla gibi düşük teknolojili bir materyal kullandılar?, Bütün o yüksek teknolojili uzaylı harabeleri nerede?") ve peşi sıra gelen internet geyiğinin* popüleritesini anlayabilir.

Sonuç olarak *Ancient Aliens*, hedeflediği etkinin tam tersini oluşturmaya meyilliydi. İnsanları Yerküre'nin geçmişte uzaylılarca ziyaret edildiğine ikna etmek isterken, bunun absürd bir fikir olduğunu düşünmelerini sağladı fakat absürd olan fikir değil. Absürd olan, bu televizyon şovunun tek bir saplantılı düşünceyi, biçimlendikleri kültür içinde zaten mükemmelen yeterli açıklamaları bulunan bir mitler, efsaneler, yapılar ve arkeolojik eserler bütününe bağlama şekliydi. Tüm

* Tsoukalos'un söylediğinin en uygun versiyonu "I dont know - therefore aliens" (Bilmiyorum öyleyse uzaylılardır) olabilir.

bu saçmalıkları bir kenara bırakırsak, bir yerlerden gelen uzaylıların Güneş Sistemi'ni 4,5 milyar yıllık geçmişinin bir kesitinde ziyaret etmiş olmaları ihtimali düşüncesinde yanlış bir şey yok.

Geldilerse de, büyük olasılıkla bizzat gelmediler fakat robot sondalar yolladılar. Sonuçta, biz de bugün Güneş Sistemi'ni bu şekilde keşfediyoruz ve bu çok mantıklı. Makineler uzun bir yolculuğu devam ettirmek için çok daha az enerjiye ve kaynağa gereksinim duyarlar ve teknolojide son gelişmeler sayesinde aşırı küçük ve hafif yapılabileceklerini varsaymak da akla yatkın.

Yolculuk hızları ışık hızının altında sınırlandırılmış olsa da, robot sondalardan oluşan bir filo, galaksiyi şaşırtıcı şekilde kısa sürede keşfederdi. Buradaki esas numara, onları kendi kendilerini üretir yapmaktır. Bir sonda uygun bir gezegensel sisteme ulaştığında, oradaki materyalleri kendi kopyalarını yapmak için kullanır, sonrasında kopyalar da başka yönlere giderler. Bu tipteki robot uzay araçları, fizikçi John von Neumann 1960'larda fikri ortaya attıktan sonra "von Neumann" sondaları olarak adlandırıldı.

Von Neumann'ın bu sondaların çalışma prensibiyle ilgili orijinal tanımı oldukça idealizeydi çünkü kendisi –çoğu fizikçi gibi–, uygulanabilirlikten ziyade prensiplerle ilgileniyordu. Böyle bir sondanın yapılıp yapılamayacağı ya da nasıl çalışacağını çözme işi bir mühendisi beklemeliydi ve Robert Freitas bu işe girişmeye karar verdi. *A Self-Reproducing Interstellar Robot* (Kendini Üreten Yıldızlararası Bir Sonda) üzerine yazdığı rapor, 1980 yılında *Journal of the British Interplanetary Society*'de basıldı. Yazı hâlâ sadece bir makale çalışması ancak boyutlar, enerji gereklilikleri ve hammaddeler –ve nasıl bulunup yeni bir gezegensel sistemde nasıl çıkarılacakları– gibi konularda ayrıntıya giriyor.

Şüphem o ki, sonuç von Neumann'ın sandığından çok daha karmaşık. Sonda, dört ana kategoriye bölünebilecek çok sayıda alt sistemlere gereksinim duyar. İlk olarak, bir gezegenden diğerine gitmeyi sağlayacak, gidiş yerine gelince yavaşlayıp inmesine yarayacak itici güç var. Sonra araçtaki bilimsel yük var: Gideceği yere vardığında bu yeni sistemi keşfetmeye yarayacak çeşitli sensörler ve araçlar. Bir o kadar önemlisi de iletişim sistemi, yani bulguları inceleyerek bir sonda zinciriyle esas dünyasına geri götürüp koymak ve son olarak, gerekli kopya sondaları üretmek için gerekecek madencilik ve fabrika ekipmanlarıdır.

Tüm bu karmaşıklığa rağmen Freitas bir sondanın uygulanabilir bir sevk gücü olduğu sonucuna vardı ve varsayımsal gelecek teknolojileriyle değil, 1980'de gerçekleştirilebilir potansiyeller üzerinde düşündü. Hesaplamasının en şaşırtıcı taraflarından biri, tasarlanan uzay gemisinin devasa kütlesiydi. 10 milyon ton olan bu ağırlık –yani bir süper tankerin 20 katı–, gemiyi inşa edenler daha ileri teknolojilere ulaşırlarsa daha düşük olabilirdi. Bir başka sürpriz de bir kopya sondayı yapmak için gereken zamandı: Belki bin yıl. Yine de geminin sondayı bir gezegensel sistemden diğerine taşıması için gereken süreden daha az.

Peki, bu süreç nasıl işleyebilir? Aşağıdaki tabloda oldukça basitleştirilmiş bir örneği mevcut. Diyelim ki, ışık hızının 10 katı hızında yolculuk eden yüz sonda gönderiliyor. Yüz bin yıl sonra bir tanesinin ilginç bir gezegensel sistem bulduğunu ve orada kaynaklarını kullanarak kendisinin yüz kopyasını yaptığını varsayalım. Aynı örüntü üst üste yinelendiğinde, bir milyon yıldan daha az bir zamanda bir milyar gezegensel sistem keşfetmek mümkün olabilir. Kozmik terimlerle düşününce, göz açıp kapayıncaya kadar.

Kendini kopyalayan von Neumann sondalarıyla galaksinin keşfi

Zaman (yıl olarak)	Keşfedilen gezegensel sistemin sayısı	Gönderilen sonda sayısı
0	1	100
100.000	10	1000
200.000	100	10.000
300.000	1000	100.000
400.000	10.000	1.000.000
500.000	100.000	10.000.000
600.000	1.000.000	100.000.000
700.000	10.000.000	1.000.000.000
800.000	100.000.000	10.000.000.000
900.000	1.000.000.000	100.000.000.000

Bu akıl yürütmeye dayanarak bir ya da daha fazla uzaylı uzay gemisinin geçmişte bir zamanda Güneş Sistemi'ni ziyaret ettiklerini varsaymak, işi uzatmak anlamına gelmez. Görevini tamamlayan gemi hâlâ burada olabilir. Ölüp gitmiş bir uzaylı uzay aracının gezegenlerin arasında bir yerlerde pusuda olduğu fikri bilimkurgu gibi gelebilir ve gerçekten de Arthur C. Clarke'ın 1953 tarihli kısa hikâyesi "Jupiter Five"da bununla ansızın karşılaşıyoruz. Hikâyenin adı, Jüpiter'in aylarından birinin önceki adından geliyor; şimdiki ismi Amalthea. O zamanlar bilindiği kadarıyla Jüpiter'in diğer aylarından çok daha küçüktü (Clarke, çapının 30 km olduğunu yazmış ancak gerçekte bundan biraz daha büyük) ve hikâye bir grup astronotun onu antik ve terk edilmiş bir uzay gemisi olarak keşfedişlerini anlatıyor.

Birkaç yıl sonra Rus astronom I.S Shklovskii, Mars uydusu Phobos hakkında benzer bir iddiada bulundu ve bu kez bir bilimkurgu hikâyesi değil, ciddi bir bilimsel hipotezdi.

Shklovskii'yi şoka uğratan yalnızca Phobos'un ufak boyutu değil, düşük yoğunluğu ve yörüngesel hareketindeki belirgin acayipliklerdi. Bu minyatür ayın içinin boş olduğunu ve neredeyse kesinkes yapay olduğu –ve şu an biliyoruz ki hatalı olarak– sonucuna vardı. Üzerine uzun yıllar ciddi ciddi düşünülen bir iddiaydı, ta ki Phobos'un daha iyi fotoğrafları ortaya çıkana dek. Düzensiz biçimli, asteroit benzeri bir kaya parçasıydı ve bu bakımdan Amalthea'yla aynıydı.

Von Neumann sondalarının Phobos'tan ya da Amalthea'dan çok daha küçük olması muhtemel. Freitas'ın tahmini olan 10 milyon ton bile Phobos'un kütlesinin milyonda biridir. Bu unsuru da kattığımızda, milyonlarca yıl önce geldilerse, bugün tamamen atıl durumda olurlardı ve bu da onları araştırmamızı neredeyse imkânsızlaştırıyor. Bu durum, filozof Bertrand Russell tarafından ortaya atılan matrak bir senaryoyu hatırlatıyor:

> Dünya ve Mars arasında, eliptik bir yörüngede Güneş etrafında dönen bir kahve fincanı olduğunu iddia etseydim, fincanın en kuvvetli teleskoplarımızla bile açığa çıkarılamayacak kadar küçük olduğunu eklemeye dikkat etmem koşuluyla, hiç kimse bu iddiamın aksini kanıtlayamazdı.

Russell'ın amacı, belirli öne sürüm biçimlerinin nasıl asla yanlışlanamaz olduklarını göstermekti. Bütünüyle felsefi bağlamlarla düşünüyordu ancak seçtiği özel örnek bizim için pratik bir önem taşıyor ve Güneş Sistemi'nin derinliklerinde bir yerlerde pusuda bekleyen küçük yapay bir obje olmadığından asla emin olamayacağımız gerçeğini aydınlatıyor.

Durum şu ki, böyle bir obje tespit edersek bunun metodolojik bir araştırmayla değil de, salt şans eseri gerçekleşmesi neredeyse kesindir. Bu serinin daha önceki kitabım *Cosmic*

Impact'te (Kozmik Etki), dünyaya çarpması halinde global bir felakete yol açabilecek kadar büyük objeleri tespit ve takip etme sürecindeki çabaları anlattım fakat bir uzaylı sondası, bunlardan onlarca hatta yüzlerce misli daha küçüktür. Güneş Sistemi içindeki bu büyüklükteki objeleri haritalayacak teknolojiye sahip olmamız için yüzyıllar geçecek.

Kendini kopyalayan von Neumann sondalarının olasılıkla küçük olması, uzaylı gemilerinin de genelde böyle olacağı anlamına gelmiyor. İnsan büyüklüğündeki yer kaplayanlardan oluşan bir mürettebatın sığacağı kadar büyük olan bir şeyle, uzay risklerini tespit etmenin günümüzdeki yöntemleri yeterince faydalı olabilir. Bu bir nebze daha anlaşılabilir ve aslında hali hazırda başarılı da.

2017 Ekimi'nde 'Oumuamua olarak adlandırılan obje tüm manşetleri kaplamıştı. Yıldızlararası uzayda kendi yörüngesini izleyerek Güneş Sistemi'ni geçti. Alışılmadık yörüngesinin yanında, 'Oumuamua'nın öylesine çarpıcı, ince ve uzun bir şekli vardı ki birçok insana göre, *ben uzay gemisiyim*, diye bağırıyordu. Hatta bu özellik, ona geçici olarak verilen isminde de gizliydi; isim, Hawaii dilinde "ileri düzey izci" anlamına geliyordu.

'Oumuamua o kadar hızlı gelip geçti ki astronomlar ona doğru dürüst bakamadılar. Yine de elde etmeyi başardıkları tek veri, kayalık asteroit benzeri bir gövdeyle tutarlı görünümüydü. Radyo sinyali ya da fazladan kızılötesi radyasyon tespit edilmedi ve yörüngesi neredeyse, Güneş'in yerçekimsel alanında süzülen kuvvetsiz bir objeden beklenebilecek bir yörüngeydi. Fazladan ufak bir hızlanma vardı ancak bu, kayadan "gaz çıkışındaki" uçucu kimyasallarla –tamamen doğal bir etki– açıklanabilirdi.

Peki ya 'Oumuamua'da herhangi bir uçucu kimyasal yoksa? Ertesi yıl fazladan hızlanma için alternatif bir açıklama geldi. Kasım 2018'de *Astrophysical Journal*'da yayımlanan bir

makalede bunun, 'Oumuamua üzerine basınç yapan Güneş radyasyonunun sonucu olabileceği ileri sürüldü. Bu daha önce bölüm başında bahsedildiği gibi Lingam ve Loeb'in FRB'leri açıklamak için iddia ettikleri "ışık yelkenlisi" teorisiyle tamamen aynı fiziksel mekanizmaydı. Makalenin yazarına göre 'Oumuamua örneğindeki etki kusursuzca doğal olabilirken, bu etki yapay da oluşabilirdi:

> Yapay bir kökeni düşünürsek 'Oumuamua yıldızlararası uzayda bir enkaz olarak uçan, gelişmiş teknolojik bir teçhizattan kalan bir ışık yelkenlisi olabilir. Daha egzotik bir senaryoda ise 'Oumuamua, Yerküre çevresine bir uzaylı uygarlığı tarafından kasıtlı olarak gönderilen, bütünüyle işletimsel bir sonda olabilir.

Peki makalenin yazarları kimler? Shmuel Bialy ve Avi Loeb. Evet, bildiniz. FRB ışık yelkenlisi makalesinde yardımcı yazar olan Avi Loeb. Tam da bu noktada, bölüm başındaki uzaylı şehir ışıkları ve endüstriyel kirlilik tartışmasının Loeb ve ekibinin çalışması kaynaklı olduğunu itiraf edeyim; bu nedenle Loeb'in çözülemeyen her gizem işaretinde, "Uzaylılar!" diye bağıran Giorgio Tsoukalos'a anaakım bilim camiası adına bir cevap olduğu izlenimine kapılmış olabilirsiniz.

Yine de bu hiç adil olmaz. Loeb, Amerika'nın en prestijli üniversitelerinden Harvard'da çalışıyor. Astrofizik üzerine yüzlerce –çoğu kuramsal ve düşünmeye sevk eden ve pek az kısmı uzaylılar ya da dünya dışı varlıklar teknolojisine değinen– makale yazmıştır ya da yardımcı yazarlık yapmıştır. Uzaylılar konusuna –FRB ve 'Oumuamua makaleleri gibi– değinenleri de, konuya fiilen, "Bakın uzaylılar!" diye değil de, "Bakın uzaylılar bu aşamada yok sayılamayacak olası açıklamalardan biridir," şeklinde yaklaşır. Bu da özetle, bilim ve sözde bilim arasındaki farktır.

Öyleyse Neredeler?

Fermi, "paradoksunu" ilk kez duyurduktan yetmiş yıl sonra, soru bugün hâlâ geçerliğini koruyor. Uzaylılar nerede? Radyo teleskopları bugün eskisine göre çok daha hassaslar fakat henüz dünya dışı varlıklardan gelen belirgin bir mesaj tespit etmiş değiller. Uzaylı teknolojisi olabilirliğe dair boş umutlar vaat eden izler –FRB'lerden Tabby's Star'a ve 'Oumuamua'ya kadar– mevcut ancak hepsinin alternatif ve dünyasal açıklamaları bulunuyor. İşte bu yüzden Fermi paradoksuna ve olası çözümlemelerine yeniden bakmanın zamanıdır.

Aslında bilim felsefecisi Milan Ćirković 2018 tarihli muhteşem kitabı *The Great Silence*'la (Büyük Sessizlik) bu işi bizim için yaptı. Ćirković, Fermi paradoksunun felsefi farklarının derinine burada gereksindiğimizden daha fazla inmekle kalmıyor, yıllar boyu ileri sürülen çok sayıda çeşitli yöntemin eleştirel bir araştırmasıyla devam ediyor ve bu yöntemleri dört gruba ayırıyor: anti-realist çözümler, anti-Kopernik çözümler, felaketçi çözümler ve mantıkçı çözümler. Fazla derine inmeden bu yöntemlerin nasıl çalıştığına kısaca göz atalım.

UFO'lara inananların yüzlerine karşı, dünya görüşlerinin numunelik "anti-realist çözüm" olduğunu söylerseniz küplere binerler. İnandıkları her şeyde haklıysalar da o zaman gerçeklik, bilim insanlarının ve filozofların düşündükleri şekilde çalışmıyor demektir. UFO'ları ve içindekileri gördüklerini ve davranışlarına şahit olduklarını söyleyen kitlenin tutarsız açıklamalarını gidermenin tek yolu, uzaylıların insan algılarını ve anılarını –fotoğraf ve yazılı evrakları da elbette– manipüle eden bir tür üstün kuvvetleri olduğunu söylemektir.

Kulağa mantıklı gelmiyor ancak tıpkı Russell'ın çay fincanı gibi bunu da yalanlamak olanaksız. Benzer şekilde ve Ćirković gibi ciddi felsefecilerce daha kabul görür olansa simülasyon hipotezidir. Kısa bir özeti şöyle:

> Aslında gözlemlediğimiz gerçeklik, temelde yatan asıl gerçekliğin Programcıları tarafından oluşturulan ve bu altta yatan gerçekliğin gelişmiş bilgisayarlarınca işletilen bir simülasyondur. Dünyamızın simülasyon doğasını kurma umudumuz hiç yok, tabii Programcılar kendi varlıklarını açığa çıkarmazlarsa.

Matrix filmlerini andırıyor; hatta bir kelebek olduğunu düşleyen bir insan mı, yoksa bir insan olduğunu düşleyen bir kelebek mi olduğuna asla karar veremeyen filozof Chuang Tzu'nun Çin efsanesini... Sorun şu ki, duyumlarımızın gerçeğin güvenilir bir tasvirini vermediğinden şüphelendiğimiz an, her şey olası görünür. Bilim bununla baş edemez; bu yüzden yapmamız gereken, durumun böyle olmadığını ümit etmek ve hızlıca devam etmek.

Ćirković'in ikinci seçeneği, temel Kopernik ilkesinin –insanoğlu ya da Yerküre'yle ilgili özel bir durum olmadığını savunan– yanlış olduğudur. Belki de gerçekten özelizdir ancak bu demek değil ki –fakat öyle de olabilir– insanların ortaçağda inanmaya eğilimli oldukları gibi, bizler bir şekilde evrendeki "seçilmiş varlıklarız". Daha çağdaş bir yaklaşım ise, zeki bir uygarlığın son derece olasılık dışı olduğunu –mümkün olmayan olayların ve rastlantıların bir araya gelişinin sonuçları olması anlamında– ve tüm bunların Yerküre'de doğru bir şekilde bir araya gelmelerinin şansımıza olduğunu söylüyor. Bu çıkarımla da evrenin herhangi bir yerinde zarların aynı gelmesi mümkün olmazdı. Bu, Ćirković de dahil oldukça az sayıdaki kişinin son derece ciddiye aldığı bir fikir.

"Ender Yerküre hipotezi" olarak adlandırılıyor. Jack Cohen ve Ian Stewart, *What Does a Martian Look Like?* (Bir Marslı Nasıl Görünür?) isimli kitaplarında konu hakkında şöyle söylüyorlar:

> Ucu ucuna başardığımızı düşündürüyor. Bütün bu üstesinden gelinmesi gerekenler. Yeni başlayan hayatı yüzüstü bırakan tüm o gidişatlar. Bu hayatın başka bir yerde tutunabilmesi nasıl mümkün olurdu? Yerküre mükemmel, hayat için ideal. Evrendeki Yerküre benzeri tek gezegen olabilir.

İlerleyen birkaç yüz sayfa, etraflıca ve bol nükte eşliğinde, ender Yerküre hipotezini yıkmaya adanmış. Temel olarak, çıkarımdaki merkezi kusuru buluyor ve ondan geriye hiçbir şey kalmayıncaya kadar da kafa yoruyorlar. Kusur ise şu ki; insan uygarlığına götüren son derece olasılık dışı olaylar zinciri, başka uygarlıklara götürecek işlevsel açıdan denk –biyolojik açıdan farklı– milyonlarca olay zincirinin olmadığı anlamına gelmez. Orada bütün zincir farklıdır ve tek seferde bir halkaya odaklanarak basitçe birinden diğerine geçmeyi –"ender Yerküre" taraftarlarının düşünme eğiliminde oldukları gibi– bekleyemezsiniz. Cohen ve Stewart kitabın bir yerinde bu sorunsalı, bir Toyota'yı Jaguar'a çevirmeye çalışmaya benzetiyorlar:

> Bir Toyota'nın krank milini, Jaguar'inkiyle değiştirmeye kalkarsanız, çalışmaz çünkü ufacık bir şeyi değiştirerek Toyota'dan Jaguar'a geçemezsiniz. Ancak eşgüdümlü birtakım değişiklikler yaparak bir Toyota'dan Jaguar yapabilirsiniz.

Kişisel olarak bu konuda Cohen ve Steward'a katılıyorum ve ender Yerküre hipotezini hazmetmeyi, simülasyon hipotezinden daha zor buluyorum. Bu biriciklik fikrinden de tek kelimeyle hoşlanmıyorum. Evrendeki görebileceğimiz her şeye bakarsanız, sadece tek bir örneğini göreceğimiz bir cisim tipi yoktur. Evet belirli örnekler her zaman ayrıntılarıyla birbirlerinden ayrılırlar ancak ender Yerküre hipotezinin Yerküre için söylediği kadar biricik hiçbir şey yoktur.

Tüm bunların ışığında diyebilirim ki, Kopernik ilkesini bu bağlama taşımak muhtemelen dikkati başka yöne çekmek için kullanılmış bir konuydu. Kopernik ilkesi, bizimkine benzer başka uygarlıklar olabileceğini söyler fakat aradığımız bu değil. Yalnızca on ışık yılı ötede bir başka uygarlık olabilir ve bunu asla bilemeyebiliriz çünkü bu uygarlık, bu ışık yılı eriminde, anında tespit edilebilir teknogöstergeler üretmiyordur. Gerçekte bahsini ettiğimiz şey *ileri* bir uygarlıktır; bizimkinden çok daha ileride, çok uzak gelecekteki olası varoluşumuza benzer olan. O halde esas mesele, böyle bir uygarlığın ne kadar olası olduğu ve ne kadar süreceğidir.

Bu da bizi Ćirković'in listesindeki bir sonraki kaleme, Fermi Paradoksu için "felaketsel çözümlere" götürüyor. Bunların geniş bir kapsamı var ve bazıları diğerlerinden daha belirgin. Bariz olan tarafta, dünyayı sıfırdan başlama noktasına döndürecek, gezegensel ölçekli, doğal olanlardan –örneğin, dinozorları dünya üzerinden silen benzeri bir kozmik etki– nükleer bir savaş ya da antropojenik (insan kökenli) iklim değişikliğine kadar bir dizi felaket var ancak sadece teknolojik ilerlememizi sonlandırmaları anlamında "yıkımsal" olan, daha az bariz olasılıklar da bulunuyor.

Son birkaç bin yıl içinde Yerküre'de var olan çoğu büyük uygarlık arasında yalnızca biz, uzay keşfiyle ilintili teknolojiyi ve bilimsel bakışı geliştirdik. Gelecekteki uygarlıkların aynı şekilde biçimleneceğini kim söyleyebilir? Bugün bile başka faktörleri "özellikle spiritüelliği" teknolojik becerinin önüne geçiren çok sayıda Batılı olmayan kültür bulunuyor. Belki de işler böyle ilerleyecek. Uzaylı uygarlıkları da genelinde aynı sonuca varırlarsa, yine de Fermi paradoksuna başka bir çözüm getirmiş olurlar.

Olası tüm çözümleri tüketmiş değiliz. Finalde Circovic'in "lojistik çözümleri" var. Bu yaklaşıma göre, ileri uygarlıkları görmeyişimizin nedeni galaksinin farklı bölümlerine göç et-

miş olmaları. Belki de yıldızların daha yoğun toplandığı ve materyal kaynakların daha verimli olduğu galaktik merkeze doğru yönlendiler ya da belki maddenin akışının, bilinen evrendeki en etkin enerji kaynağını sağladığı kara delikler etrafında bir araya geldiler.

Gerçek şu ki, bilmediğimiz şey, yeterince gelişkin bir uygarlığın ne tür bir komşuluk arzu ettiğidir. Derinine inemeyeceğimiz sebeplerden ötürü mevcut yıldız oluşumları bölgelerine ya da yeni süpernova patlamalarının olduğu mevkilere ilgi duyuyor olabilirler fakat bu lojistik çıkarımlar sürekli aynı tartışmaya; gelişmiş bir uzaylının cansız halde görülmediği, modası geçmiş galaktik ücra köşelerde yaşadığımız konusuna indirgeniyor.

Milan Circovic'i felsefeci diye adlandırdığımda oyunbozanlık yapıyor olabilirim çünkü filozoflar bir soru sorduklarında, onun herkesin hoşnut olacağı biçimde yanıtlanması düşük bir ihtimaldir. Fermi paradoksunun evrensel olarak uzlaşılmış bir açıklaması bulunmuyor ve muhtemelen de asla olmayacak ancak temel önermesi her zaman doğru kalıyor: Galaksinin herhangi bir yerinde ileri uygarlıkların varoluşuna dair kesin kanıt yoktur. Belki bu yüzden görüş alanımızı biraz düşürüp dünya dışı yaşamın çok daha alt formları olasılığını düşünmenin zamanıdır.

MÜTEVAZI BAŞLANGIÇ

5

İlk iki bölümdeki tüm bu yıldızlararası mesajlar ve uzaylı mega yapıları heyecanından sonra, yaşamın çok daha primitif formları hakkında konuşmaya başlamak geri adım atmak gibi görünebilir. Bir bakıma da öyle ancak Yerküre'de bu formların ortaya çıkışı, zekâya giden bildiğimiz tek yoldaki ilk adım.

Aslında kitabın bölümlerinin sıralanışında geçerli bir mantık yer alıyor. Gerçekten de bu ve sonraki bölümdeki tüm bilim, şu ana kadar bahsi geçenlerden daha yeni. Drake denklemi, Dyson küreleri ve von Neumann sondaları gibi kavramların tarihi 1960'ların başlarına kadar giderken, Güneş Sistemi dışındaki gezegenler ve olası "biyogöstergeleri" araştırmaları 21. yüzyılda hareketlendi. Yerküre'deki ekstremofillerle (olağanüstü çevre koşullarında yaşayabilen organizma) ilgili, yaşamın serpilebileceği ortamların zihinde canlandırılandan çok daha geniş olduğunu gösteren çalışma da aynı şekilde yenidir.

Bir ötegezegende –ya da belki Güneş Sistemi'nde bir gezegende ya da uyduda– yaşam varlığına işaret eden biyogöstergelerin keşfi, uzaylılardan radyo mesajları almak ya da yakın bir yıldızın etrafında yapay bir yapı saptamak kadar heyecanlı görünmeyebilir. Oysaki ilkel yaşam formlarının gelişmiş olanlardan çok daha fazla zamandır Yerküre'de var olduğu gerçeği, galakside çok daha yaygın olmalarını –ve prensipte

onları daha kolay bulabileceğimizi– işaret eder. Ve onları bulma yöntemimiz –bu, çok etkileyici bir bilimkurgudan ziyade bir dedektiflik hikâyesi heyecanı olsa da– kendine özgü bir havaya sahip.

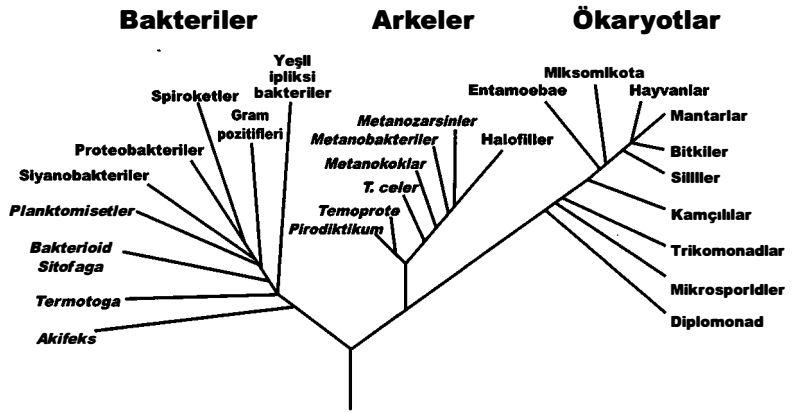
Daha En Başında

Pencerenizden bakarsanız Yerküre'deki yaşamın çokça kanıtını görürsünüz –insanlar, kediler, köpekler, kuşlar, böcekler, çiçekler, ağaçlar ve çayırlar– fakat bunlar buzdağının yalnızca görünen kısmıdır. Tüm bu örnekler, ökaryot olarak bilinen karmaşık çok hücreli organizma tipidir ancak çoğunluğu mikroskobik derecede küçük –bazen amip olduğu gibi sadece tek bir hücreli– olan, tüm ökaryot tanım kümesinin sadece ufak bir kesitini temsil ederler. Ve sadece ökaryotlarla da sınırlı değildir. Yaşamın iki tanım kümesi daha vardır; birlikte prokaryotlar olarak adlandırılan bakteriler ve arkeler. Bunlar da tek hücreli organizmalardır ancak en ilkel ökaryotlardan bile daha küçük ve basitlerdir.

Yeryüzündeki yaşamın tüm formlarında ortak olan tek bir şey vardır: DNA. Yaşayan her hücrede bulunan ve taşıdığı genetik veriye göre organizmanın formunu belirleyen ve son derece karmaşık –milyarlarca atomdan oluşan– karbon bazlı bir molekül. DNA molekülü kendini üretebilme yetisine sahiptir; kendi kopyalarını yapabilir. Bu detay oldukça önemlidir. Genellikle bu kopyalar mükemmeldir ancak zaman zaman mutasyonlar oluşur ve bu mutasyonlar elverişliyse, nihayetinde bütünüyle farklı yeni türlerin evrimine yol alınır. Farklı türlerin benzerliklerinin ve farklılıklarının izleri sürüldüğünde, hepsinin tek bir ortak atadan evrildiği –aşağıda Yerküre'deki hayatın "aile ağacının" tablosunda gösterildiği gibi– açıktır.

Aile ağacındaki en bilindik isimler en sağ üst köşede bulunabilir: "animalia" (hayvanlar), "plantea" (bitkiler) ve fungi

(mantarlar). Bizim gördüğümüz kadarıyla bu büyük ve çok hücreli ökaryotlar, Yerküre'deki yaşamda ağır basıyor gibiler fakat aslında bu doğru değil. 4 milyar yıl önce yaşamın başlamasından sonraki ilk 2 milyar yıl boyunca, dünya prokaryotlara aitti ve ökaryotlar ortada yoktu. İlk ortaya çıkışlarından sonra bile mikroskobik olmayan formlara evrilmeleri için bir milyar yıl daha geçti.



"Yaşam ağacı" Yerküre'deki yaşayan canlıların ortak bir atadan gelişini gösterir.
(NASA Görseli)

Bugün bile prokaryotlar, ökaryotlardan sayıca hep çok baskınlar, hatta ikincisinin serpilip geliştiği ortamlarda bile bu böyledir.

Bunlar bu kadarla kalsaydı, astrobiyoloji hakkındaki bir kitapta ilginç ve önemsiz bilgilerin bir parçası olarak konu edilmelerine değmezdi. Her şeyi değiştiren, bazı prokaryotların, bizim gibi ökaryotların bütünüyle sert koşullar olduğunu düşündüğümüz ortamlarda uygun bir niş açmalarıdır.

Bu, görece son döneme ait bir keşif –bu tür organizmaları tanımlayan "ekstremofil" sözcüğü 1970'lerde bulundu– ve bazı yönleriyle başka bir gezegendeki hayatın nasıl olabile-

ceğinin keşfi kadar ilham verici. Bugün biliyoruz ki, arkeler ve bakteri düzeyindeki yaşamın, Yerküre'de gelişip serpilmeyeceği hiçbir yer bulunmuyor. Burada bizim açımızdan inanılmaz şekilde yabancı ortamlardan konuşuyoruz; yani ekstremofiller de bizim yaşadığımız yer hakkında aynı şekilde hissederlerdi.

"Ekstremofil", adı üstünde ekstremleri sever; asitliliğin ya da bazlılığın, yüksek ya da düşük ısı derecelerinin uç noktalarını, ışığın tam bir yokluğunu ya da yüksek dozda radyasyonun varlığını. Örneğin, bir ekstremofil olan *Deinococcus radiodurans*, bir nükleer reaktörün içinde mutlu mesut yaşayabilir. Diğer türler tuz göllerinde, Yerküre kabuğundaki kayaların en içlerinde bulunur ya da okyanus tabanında basıncın ezici şekilde yüksek olduğu ve suyun yüzlerce santigrat olduğu kaynar sıcaklıktaki hidrotermal yarıkların etrafında bir araya gelirler.

Bu son ortam özellikle dikkate değer çünkü Yerküre'deki yaşamın kökenine dair öne çıkan hipotezlerden biri, hayatın tıpkı böyle bir yarığın çevresinde başladığını varsayar. Öyle anlaşılıyor ki, canlı hücrelerin içinde süregelen kritik biyokimyanın bir kısmı, hidrotermal bir yarığın etrafında doğal olarak, bir hücreye gerek duymadan kendiliğinden olagelmektedir. Durum buysa, bir başka gizemi de –DNA'larının ortak bir atadan geldiklerini göstermesine rağmen, bakteri ve arkelerin hücre yapılarının neden farklı olduğu– makul bir açıklamayla çözüyor demektir. Belki de bu atanın hiçbir biçimde hücresi yoktu çünkü ihtiyacı olan tüm biyokimyayı bir hidrotermal yarıktan alıyordu.

Peki bu "biyokimya" tam olarak nedir? Kimyanın da biyolojinin de ne olduğunu biliyoruz fakat kimya, hangi noktada biyolojiye dönüşüyor? Bir anlamda DNA herhangi bir kimyasaldır fakat yaşayan bir hücre olması bağlamında, kendini kopyalayan ve ortamında daha başarılı bir şekilde gelişebil-

mek için peş peşe, nesiller boyu adaptasyona uygun bir hücredir. Bir başka ifadeyle, bölüm başında değindiğimiz NASA hayat tanımına –Darwinci evrim kapasiteli, kendi kendini sürdüren kimyasal bir sistem– uymaktadır.

Öyleyse cansız kimyadan, yaşayan bir organizmaya geçişteki kritik adım ne denli elverişli? Bu bir noktaya kadar felsefecilerin sorusu ve yanıtlarından biri de "devamlılık tezidir"; Milan Ćirković'in kitabı *The Great Silence*'taki (Büyük Sessizlik) tanıma göre, "inorganik madde ve canlı sistemler arasında köprü kurulamaz bir uçurum yoktur ve uygun fiziksel koşullar altında yaşamın doğuş olasılığı yüksektir varsayımı".

Bir fizikçi olarak bu fikri seviyorum. Fizik açısından bakıldığında, evrende olagelen her şeyin böyle olagelmesinin nedeni, termodinamik yasaları gereğince enerji akışını içermesidir. Bu koşullar altında eğerler ya da fakatlar yoktur; bir şey termodinamik olarak elverişliyse, olur. Her ne kadar olağan olandan başka bir yol tutsa da belki yaşam da bu kategoridedir.

Termodinamiğin tipik etkisi, bir sistemin farklı bölümlerini –net sıfır enerji akışıyla– olabildiğince hızlı dengeye getirmektir. Telefonu cevaplamak için birkaç dakikalığına masaya bıraktığınız kahveniz bu yüzden soğur fakat yaşayan varlıklar farklıdır; çok iyi organize edilmiş içsel enerji akışlarıyla, canlı kalabildikleri sürece denge dışılık halinde kalmayı bir şekilde başarırlar. Yine de bu davranışın altında da aynı termodinamik yasalar olabilir. Massachusetts Teknoloji Üniversitesi'nden Jeremy England'ın "enerji kaybı eşaslı adaptasyon" teorisinin özü budur. Brian Clegg, *BBC Focus* dergisinde England'ın çalışmasını şöyle tanımlıyor:

> Canlı varlıklar denge dışılık halindedirler; güneş ışığı ve gıda gibi kaynaklardan enerji alırlar ve bu enerjiyi –"yitirerek"– çevrelerine doğru dışarı yollarlar. Bu da yaşayan organizma-

> ların büyümelerine ve yapı kazanmalarına olanak tanır. İşte England ve ekibinin, canlılık benzeri davranışsallıkların kendiliğinden ortaya çıktığı durumları, bilgisayar simülasyonlarını kullanarak araştırdığı denge dışılık hallerinin fiziği budur.

England'ın teorisi henüz ders kitaplarına girmedi ancak simülasyonlarının sonuçları hayli umut verici. Yani yaşamın ortaya çıkışı ve Yerküre'de yayılışının yalın nedeninin, termodinamik olarak elverişli olması sonucuna pekâlâ götürebilirler. Hal böyleyse, aynı koşulların hüküm sürdüğü başka herhangi bir gezegende de oldukça benzer bir gelişmenin olmasını bekleyebiliriz. Profesör Brian Cox BBC belgeseli *Wonders of Life*'ta aynı konuya oldukça şairane bir şekilde değindi:

> Yerküre'de hayatın doğuşu, mistik bir kıvılcımla tutuşan rastlantısal bazı olayların çok uzağında, fizik yasalarının kaçınılmaz bir sonucu olabilir ve bu doğruysa, yaşayan bir evren, bizim evrenimizin tek çıkar yolu olabilir.

Bir dakika, cansız maddeden hayat oluşturmanın kolay olduğu fikrinde bariz bir hata yok mu? Bu kadar kolaysa neden bugün bunun Yerküre'de olduğunu görmüyoruz? Aslında sorunun iyi bir cevabı var. 4 milyar yıl önce, yaşam ilk ortaya çıktığında, Yerküre'deki koşullar bugünkünden oldukça farklıydı. En çarpıcı olan da –hayatta kalmak için oksijeni başlıca öncelik olarak düşünen bir organizma için– Yerküre'nin erken dönemlerinde atmosferde hiç oksijen olmamasıydı.

Hemen bulunabilen oksijenin yokluğunun iki sonucu vardı. İlki, kimyayla ilgili. Yaşamın hammaddelerini elde etmek için karbon ve hidrojen gibi basit bileşenlerle başlamamız ve onları giderek daha karmaşık moleküllere döndürmemiz gerek ancak etrafta çok fazla oksijen varsa bunu yapamazsınız çünkü oksijen, su (H_2O) yapabilmek için hidrojene, karbondioksit (CO_2) yapabilmek için karbona sıçrar ve her şey burada

durur. Karmaşık moleküller yapılandırmak için, bunu oksijenin girişimi olmadan yapmalısınız.

Atmosferik oksijenin ikinci bir sonucu daha var. Hem solunabilir formda (O_2) olduğunda hem de ozon (O_3) halinde üst atmosferdeyken, Güneş'ten gelen yüksek enerjili ultraviyole ışınlarını engellemede oldukça iyidir. Bu bizim için –ve gezegenin yüzeyindeki diğer çoğu yaşam formu için*– iyi haber çünkü ultraviyole ışınları DNA için çok çok zararlıdır. Öte yandan, karmaşık organik moleküller sentezlemeye çalışıyorsanız pek işe yaramaz çünkü sürekli bir enerji girdisi gerektirir ve bunun için ideal olanı filtrelenmemiş ultraviyole ışını olurdu.

Neticede oksijen olmayan bir erken dönem Yerküre, hayatın doğuşu açısından bugünkü Yerküre çevre koşullarına göre daha ümit vaat edici görünüyor. Bu, 1952 yılında Chicago Üniversitesi'nde Stanley Miller isimli doktora öğrencisi tarafından, Harold Urey denetiminde test edilen bir fikir. Miller ve Urey en eski Yerküre'de hüküm süren koşulların temel düzeyde kopyasını çıkarmak için bir masaüstü deneyi başlattılar. Aygıtları, oksijenlenme öncesi erken dönem atmosferi temsil etmek üzere deney tüpündeki gazlara –metan, amonyak ve hidrojen– bağlanan bir su deney tüpünden oluşuyordu. Orijinal Miller-Urey deneyinde, enerji girdisi bir elektrik kıvılcımıyla –şimşekleri temsil etmek üzere– sağlanıyordu ancak devam çalışmalarında onun yerini, olasılıkla gerçeğe daha uygun düşen bir ultraviyole kaynağı aldı.

Miller-Urey deneyi 1950'lerdeki gerçek hayat yerine, aynı yılların düşük bütçeli bir filmi olsaydı, sonrasında bütün Chicago'yu kaplayacak olan protoplazmik (protoplazma hareketleri) bir canlı su damlası üretebilirdi. Tabii ki bu gerçekleşmedi ve istenen de asla bu değildi. Deneyin amacı yaşamı

---

* Evet, doğru tahmin. Bazı ekstremofil türleri gerçekten UV'yi sever.

değil, yaşamın kimyasal yapıtaşlarını oluşturmaktı. Canlı hücrelerin ana bileşenlerini –aminoasitler– üreterek de, bu bağlamda yankı uyandıran bir başarı elde edildi. Aminoasitlerin ilki, iki gün içerisinde, bir düzine fazlası da ilk haftanın sonunda tespit edildi. Sonunda deney, Yerküre'deki canlılıkta yaygın olarak bulunan yirmi aminoasit mahsulü verdi.

Orijinal Miller-Urey deneyi, Yerküre'deki yaşam için gerekli tüm aminoasitleri üretse de diğer asıl bileşenden eser yoktu: Yani DNA'nın yapıtaşlarını oluşturan dört nükleotit baz. Bu eksikliğin giderilmesi epey bir zaman alacaktı fakat sonunda gerçekleşti. DNA nükleotit bazları sentezlendi, örnekse 2017'de yeniden yapılan Miller-Urey deneyinde karışıma, incelikli yeni bir içerik eklendi: "asteroit çarpma etkisi kaynaklı şok dalgalarından kaynaklanan plazmaların benzerini elde etmek için güçlü lazer deşarjları".

Biraz zoraki gelebilir çünkü asteroit çarpışmaları –şükür ki– bugünlerde çok nadir görülüyor fakat bu durum 4 milyar yıl önce farklıydı. Gezegenlerin şekil alışı henüz tamamlanmıştı ve Güneş Sistemi geride kalan devasa kaya parçalarıyla tıka basa doluydu. Sonuç olarak, çarpışma olaylarının oranı bugüne nazaran daha yüksekti. Bu çarpışmaların, ilk biyokimyasal reaksiyonların başlangıcında bir rol oynadıklarını düşünmek mantıksız değil.

Tüm karasal organizmalarda ortak olan o bir tek şeyin DNA olduğunu daha önce belirtmiştim: Dört basit yapıtaşının ya da aminoasidin sayısız kombinasyonundan oluşan belirli bir karmaşık molekül tipi. Bu molekül, galaksinin herhangi bir yerinde yaşam için esas gereklilik olacak mı? Geniş anlamıyla yanıt, muhtemelen evet. Hangi "Darwinci evrim kapasiteli, kendi kendini sürdüren kimyasal sistem" olursa olsun, karmaşık genetik bilgiyi kodlama kapasitesine sahip bir kimyasal yapıya ve kendi kopyalarını yapmak için doğal bir mekaniz-

maya ihtiyaç duyacak ancak kavrama özgü konuşursak, bu kimyasal yapının bizim lokal DNA damgamızla özdeşliğinin olmazsa olmazlığını söyleyecek bir durum bulunmuyor.

DNA olmayan biyokimya çalışmasına, Yunancada "yabancı" anlamındaki *xenos* sözcüğünden doğan zenobiyoloji deniyor. Kelimeyi ilk olarak, bilimkurgu yazarı Robert A. Heinlein, 1954 tarihli romanı *The Star Beast*'te (Yıldız Canavarı), dünya dışı varlıklar hakkındaki çalışma anlamında kullandı. Gerçek dünyadaki astrobiyoloji çalışmalarına benziyordu ancak Heinlein'in zenobiyologları çalışma konularına yakinen ve şahsen yaklaşabilen uzay gezginleriydiler ve onları teleskopla aramıyorlardı ancak bugün zenobiyolojinin anlamı genişledi, örneklerinin gerçekten var olup olmamalarından bağımsız olarak bizimkinden farklı –ve bilimsel olarak mümkün– her türden biyolojiyi kapsadı.

Anlaşılacağı üzere, özel DNA niteliğimizi kullanmadan da yaşamın işlerlik kazanacağı epeyce yol mevcut. Hemen akla gelen bir şey, daha ben bu kitabın ilk müsveddesini yazarken bir anda haberlere çıkan "hachimoji DNA"sıdır. Az çok Japonca bilmiyorsanız, sözcük kulağa egzotik gelebilir. *Hachi*, "sekiz" ve *moji* de "harf" demektir. Bildiğimiz gibi dört standart DNA bazı, dört kodla –A, C, G ve T– bilinir ve hachimoji çeşitliliği basitçe dört tane daha ekliyor: B, P, S ve Z. Bu yalnızca teoride kalan bir kavram da değil üstelik. Keşfin arkasındaki NASA finansmanlı ekip, laboratuvarlarında hachimoji DNA'yı gerçekten de oluşturdu. Tıpkı olağan DNA gibi genetik bilgiyi depolayıp iletebiliyor ancak bunu farklı bir yolla yapıyor. Üstelik bu sadece başlangıç: Bilim insanları temelinde aynı fonksiyonelliği sağlamanın başka pek çok yolu olduğuna inanıyor.

Bu türden bir araştırma, dünya dışı yaşamı arama yolunda bariz etkilere sahip. Tıpkı NASA'nın astrobiyoloji programı direktörü Mary Voytek'in söylediği gibi:

Aygıt tasarımımız ve görev kavramlarımız bakımından neyin mümkün olduğuna dair daha engin bir anlayış edinmek, bizi daha kapsamlı ve böylece daha etkin bir Yerküre ötesi hayat arayışına götürecek.

Gezegenimize dönersek, burası büyük oranda yaşamın varlığıyla biçimlenir. İlk bakteri, atık olarak oksijeni üretti ve bu da giderek gelişen yaşam formlarının ilerleyişi için daha misafirperver bir ortam olan atmosferi –doğal güneş losyonunu– oluşturdu fakat değişim çok uzun zaman aldı ve "yaşanabilir bir dünyanın" bugün Yerküre'yle tıpatıp benzer göründüğünü düşünmek bir hatadır. Bakış açımızı –hem zamansal hem de uzaysal olarak– genişletirsek, Güneş Sistemi'nde bir yerlerde erken dönem Yerküre'ye benzer koşullar bulabiliriz.

Gezegen Komşular

Yerküre'de bugün ya da geçmişte bilinen tüm yaşam habitatlarında, "bildiğimiz şekliyle yaşam" için zorunlu koşullar, üç faktörle ortaya çıkar. İlki bir enerji kaynağıdır: Biyolojik süreçlere güç verme yakıtı. Enerjimizi nereden aldığımızı biliyoruz; gıdadan çünkü etikette öyle yazıyor. Örneğin, 250 gram biftek 1200 kilojul kadar enerji sağlıyor. Bu enerji de, besin zincirinin altından –ineklerin çiğnediği çimenden– geldi. Oysa çimen kendi enerjisini, dışarıdaki karasal hayat döngüsünden –fotosentez yoluyla direkt Güneş'ten– aldı. Aynı şekilde çoğu yaşam formu için temeldeki enerji, ısı ve Güneş'ten gelen ışıktır fakat bazı durumlarda da Yerküre'nin kendi içinde meydana gelen jeotermal enerjidir.

İkinci koşul, aminoasitlerin ve nükleotit bazların inşası için gereken temel elementlerin –karbon, hidrojen, oksijen ve nitrojen– stoğudur. Bunlar, Güneş Sistemi'ndeki yaygın elementler ve sıklıkla karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve

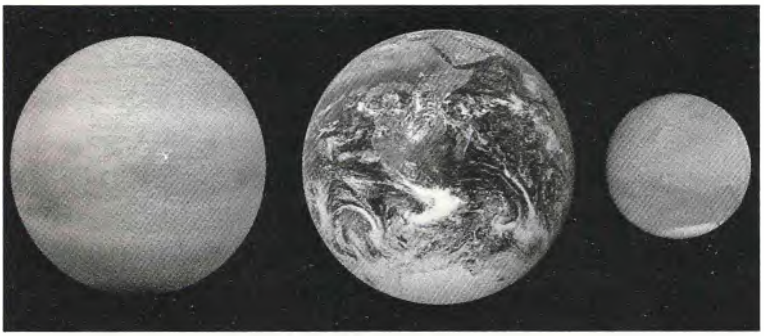
amonyak (NH_3) gibi basit moleküller formunda ortaya çıkarlar. Gerçi basit aminoasitler de oldukça yaygındır çünkü sıklıkla göktaşlarında bulunurlar ve de 2014'te Rosetta uzay aracıyla rastlaşan kuyrukluyıldız 67P'de tespit edildiler.

Bu noktaya kadar Yerküre'yi diğer gezegenlerden farklı kılan hiçbir şey bulunmuyor. Hepsi gerekli hammaddeye sahip, hepsi de kendi paylarına düşen güneş ışığını alıyorlar ancak yaşam için gerekli üçüncü koşula gelince, iş çetrefilleşiyor. İlk ikisinden daha az belirgin olsa da oynadığı kritik rol, gerekli biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşebileceği bir çözücü sağlıyor olmasında. Diğer sıvıların da bu rolü oynayabilmesi mümkün ancak bu bir spekülasyon ve kesinlik kazanmış değil. Konuyla ilgili tüm bildiklerimize sıkı sıkıya bağlı kalırsak, sıvı suyun yaşam için gerekli olduğunu varsaymaya mecbur oluruz.

Ne yazık ki Güneş Sistemi'nin diğer gezegenlerinde sıvı su bulmak şaşırtıcı biçimde zordur. Arayacak en yakın yer de Yerküre'nin en yakın komşuları Venüs ve Mars'tır. İkisi de Yerküre'yle benzer yapıda, kayalık gezegenlerdir. Venüs, Yerküre'den yüzde beş daha küçük, Mars ise yarısından biraz daha büyüktür ancak ana farklılık, bir gezegenin Güneş'ten uzaklığında ve dolayısıyla aldığı güneş enerjili ısının miktarındadır. Yerküre'ye göre Güneş'e yüzde elli daha uzak olan Mars daha az ısı alırken, yüzde yirmi beş yakın olan Venüs daha fazla ısı alıyor.

Çoğunlukla karbondioksitten oluşan yoğun bir atmosferle örtülü Venüs'te şartlar ağırdır. Bu yoğun atmosfer bir "sera etkisi" oluşturur ve Güneş ısısının uzaya geri dağılma yolunu açmak yerine onu örter. Sonuç, 460 derece yüzey sıcaklığıdır ve sıvı su için kesinlikle fazla sıcaktır.

Yine de her zaman böyle değildi. Milyarlarca yıl önce, sera etkisinin öncesinde, Venüs'ün Yerküre'ye daha çok benzer olması ve orada basit, tek hücreli bir yaşamın gelişmiş olması olasılık dahilindedir. Bu erken dönemden kalanların bugün



Venüs, Yerküre ve Mars'ın aynı ölçekte karşılaştırıldığı resim.
(NASA görseli)

hâlâ Venüs'ün yüzeyinde değilse de, üst atmosferinde yaşam sürme olasılığı akla yatkın. 50 km'lik bir rakımdaki sıcaklık ve basınç Yerküre yüzeyiyle benzer ve oradaki yoğun bulutlar, yaşamı sürdürmek için gerek duyulan ana elementleri –ve olasılıkla sıvı suyun minik damlalarını da– kapsıyor. Bu yüzden de Güneş Sistemi'nde yaşam arayışında Venüs'ü listenin dışında tutamayız ancak sıranın en önlerinde de değil.

Mars ise başka bir konu. Burası pek çok bilim insanının yaşama dair kanıtlar bulmayı umutla beklediği –bugün olmasa da geçmişte bir zamanda böyleydi– bir yer. Venüs gibi Mars'ta da iklim, büyük olasılıkla karasal hayatın ilk başladığı zamanlardaki Yerküre'ye benziyordu ancak o zamandan sonra işler tersine döndü. Mars'ın şimdi çok ince bir atmosferi var, daha ufak boyutu ve daha zayıf çekim gücü sebebiyle çoğunu kaybetmiş. Bu ince atmosfer Güneş'e olan büyük uzaklık da eklenince, Mars'ı yüzey derecelerin nadiren sıfır derecenin üzerine çıktığı soğuk bir yer yapıyor. Düşük sıcaklık ve atmosferik basınç, Mars yüzeyinde sıvı su bulunmasını hemen hemen imkânsızlaştırıyor.

Geçmişte ise farklıydı. Mars manzarası, kadim nehirlerce açılmış vadilerden kurumuş göl yataklarına kadar, onun suyla şekillendirilmiş olduğunun sayısız işaretini gösteriyor.

Üzerlerindeki çarpma kraterlerinin sayısına bakarak, bu yerlerin çok uzun zaman önce şekillendikleri çıkarımını yapabiliyoruz. Mars yüzeyinde çokça su bulmak için en iyi güncel tahminle 3 milyar yıl önceye gitmemiz gerekiyor. Çok uzun bir zaman dilimi gibi görünse de o vakitlerde Yerküre'de yaşam halihazırda bir milyar yıldır –ilkel prokaryotlar formunda– vardı. Bu nedenle de, benzer bir durumun Mars'ta da olması bütünüyle muhtemel diyebiliriz.

Söz konusu olasılık, 7 Ağustos 1996'da meydana gelen dramatik bir kazayla da doğrulanmış görünüyor. Dünya için bir bilimkurgu klişesine en yaklaşılan an, Amerika Birleşik Devletleri Başkanı'nın Beyaz Saray çim alanına çıkıp dünya dışı varlıkların gelişini duyurmasıydı. O zamanki başkan Bill Clinton'dı ve bir uzay gemisinin içindeki insansı uzaylılardan değil, bir göktaşındaki mikroskobik formda olanlardan bahsediyordu. Konuşmasından bir bölüm şöyle:

> Bu keşif anına nasıl vardığımız konusu, üzerinde düşünüp taşınmaya değer. 4 milyar yıldan daha önceleri, bu kaya parçası, Mars'ın orijinal yerkabuğunun bir parçası olarak biçimlendi. Milyarlarca yıl sonra yüzeyden koptu ve burada, Yerküre'de sonlanacak olan 16 milyon yıllık uzay yolculuğuna başladı. 13 bin yıl önce bir meteor yağmuruyla geldi ve 1984 yılında Amerikalı bir bilim insanı, Antarktika'da meteor aramak üzere çıktığı yıllık devlet görevinde olduğu sırada onu yerden aldı ve üzerinde çalışmak üzere getirdi. Gereğine uygun olarak, o yıl toplanan ilk kaya parçasının numarası 84001'dir.
>
> Kaya 84001, bugün bize tüm o milyarlarca yıl ve milyonlarca mil öncesinden sesleniyor. Bize yaşam olasılığından söz ediyor. Eğer bu keşif onaylanırsa, bilimin evrenle ilgili ortaya çıkardığı en müthiş kavrayışlardan biri olacak. İşaret ettiklerinin kapsamı hayal edilebilecek kadar geniş ve hayranlık uyandırıcı. En kadim sorularımızdan bazılarına yanıt umudu taşırken, daha temel olanları da içinde saklıyor.

Bu olguların bazıları tartışma götürmez. Küçük kayaların –bu kaya 2 kilogramın biraz altındaydı– kuvvetli bir çarpma etkisiyle Mars'tan Yerküre'ye fırlaması tamamen olasıdır. Mars'tan geldiğini karakteristik niteliğinden ve Clinton'ın saydığı olayların zaman akışının radyometrik tarihlemeyle de doğrulandığından biliyoruz. Ayrıca 4 ila 3,6 milyar yıl öncesi zamanlarda kaya, Mars yüzeyindeyken kırılmış ve akan suların ona nüfuz etmiş olduğu da tartışmaya kapalı.

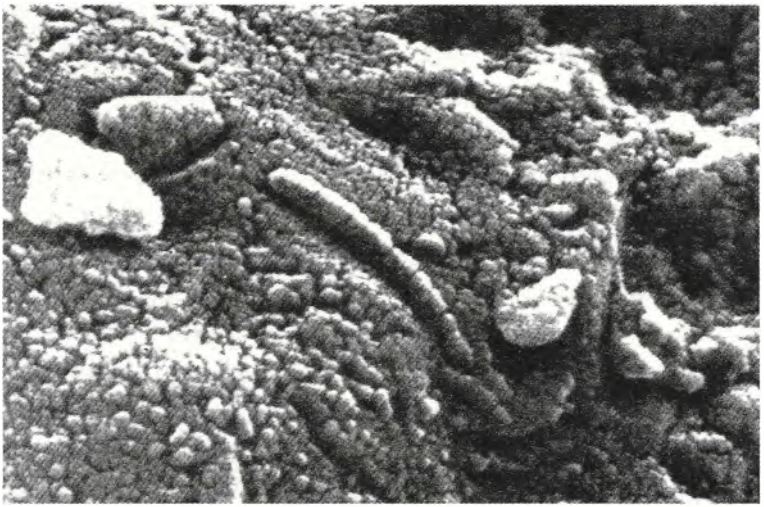
Tartışmaya açık olan kısım ise, sonraları bu su dolu çatlaklarda Mars bakterilerinin kolonileştiğidir. Başkan Clinton'ın konuşmasına, bir önceki gün *Science* dergisinde konuyu onaylayan bir makaleyle sufle verilmişti: "Mars Meteoridi ALH84001'de Olası Kalıntısal Biyojenik Aktivite" başlıklı makale David McKay'in liderliğindeki NASA ekibinin bir çalışmasıydı.

ALH84001'in yalnızca aminoasitleri –göktaşlarında bulunmaları olağandır– değil, mikroorganizmaların atık ürünleri formunda Yerküre'de de sıkça rastlanan diğer bileşikleri de içerdiğini söyleyerek konuya başlayalım. Fikir veren diğer gösterge ise, Yerküre'de hem doğal olarak hem de bakteri içinde görülen mineral manyetitti ancak ALH84001'in içindeki form, doğal olarak oluşan tip değil de, daha çok bakteriyel manyetit gibi görünüyordu. Hepsinden çarpıcı olansa, tarayıcı elektron mikroskobuyla çekilen fotoğrafların ortaya çıkardığı 20 ila 100 nanometre arası* büyüklüğündeki yapıların ufak bakteri fosillerine tıpatıp benzemesiydi.

McKay ve çalışma arkadaşları makalelerini şöyle tamamladılar:

> Bu gözlemlerin hiçbiri, geçmiş hayatın varoluşuna dair kendi başına kesinlik taşımaz. Bu fenomenlerin her biri için ayrı ayrı alternatif açıklamalar olsa da, bütüncül olarak düşünül-

* Bir nanometre, bir milimetrenin milyonda biridir.



ALH84001 göktaşının elektron mikroskobu görüntüsü, fosilleşmiş bakteriye benzeyen ufak yapıları gösteriyor.
(NASA görseli)

düğünde, özellikle de uzaya ait ilişkilendirmenin ışığında, Mars'ın erken dönemlerindeki ilkel yaşama dair bulgular olduğu sonucuna varırız.

Herkes aynı fikirde değildi. Çoğu bilim insanına göre, tüm bu gözlenen bulgunun "alternatif açıklamalarının" olmasının anlamı, onların Mars bakterisi tarafından üretildikleri fikrine başvurma gereğini hiç doğurmamasıdır. McKay'in yorumunun karşısındaki en güçlü tez, Yerküre'de bulunan hiçbir yaşam formunun 100 nanometre –her ne kadar en küçük arkeler ve bakteri sadece biraz daha büyük olsa da– küçüklüğünde olmadığı gerçeğidir.

Genelde kuşkuculara –yeni ve kışkırtıcı bir fikrin hemen tadını tuzunu kaçıranlara– karşı kuşkuyla yaklaşan birisi olduğumdan, ALH84001 kuşkucularının karşılıklı çelişen iki kampa bölünmelerinden keyiflendim. Bir taraf, McKay takımının Mars'la ilgili icat ettiklerini destekleyen tüm nitelikleri

kabul ederken, onların biyolojik kökenli olmadığını iddia ediyor. Diğer tarafsa, göktaşındaki mikroorganizma bulgularını kabul ediyor ancak bunların göktaşı Antarktika'ya indikten sonra yeryüzü etkileşimiyle oluştuğunu öne sürüyor. İkisi de aynı anda haklı olamaz ve aslına bakılırsa birbirleriyle iddialaşıyorlar.

Gerçekse şu ki, McKay'in ALH84001'in içindeki fosilleşmiş Mars bakterisi hipotezi, üçüncü bir olasılık barındırır ancak gerçekçi olalım, daha fazla bulgu açığa çıkana kadar, "biyolojik olmayan" ya da "karasal etkileşim" hipotezlerinden daha az olasıdır.

Mars'ın erken zamanlarında yaşamın evrimleştiğini varsayalım; peki atmosfer tükenip gittiğinde ve yüzey kuruduğunda o yaşama ne oldu? Her şeyin ölüp gittiğini hayal etmek kolay ancak bu kesinkes böyle olmak zorunda değil. Mars yaşamının, gerçekten de daha misafirperver koşulları olan yüzey altı derinliklerine taşınmış olması mümkün. Bu fikir bize sıra dışı geliyorsa sebebi, çoğu ökaryot gibi, bir gezegenin yüzeyinde yaşıyor olmamızdır. Oysa daha önce gördüğümüz üzere ökaryotlar azınlıktır ve prokaryotların yüzde yetmişi gibi hayret verici bir oranı, hem bakteri hem de arkeler, yüzeyde değil de Yerküre'nin içinde yaşarlar. Bu toprakaltı organizmalarının bazıları derin mağaralarda bulunsa da, diğerleri kayalardaki küçük yarıklarda ve boşluklarda –su içerdiği sürece bu yerin alanı fark etmez– yaşarlar. Yaşam için gerekli tüm kimyasallar oradadır ve öyle ki, gerekli enerji Güneş'ten değil de, kayaların içindeki ısı içeriğinden gelir. Benzer bir "derin biyosferin" Mars'ta da var olduğunu düşünmek olası fakat kanıtlamak kolay değil. Kesin kanıtlar bulmak, Mars kayasının içine kazı yapmayı ya da mağara komplekslerine cesaret gerektiren gezintilere çıkmayı gerektiriyor; robot kâşiflerle bile olsa, ikisi de önümüzdeki on yıllar boyunca uygulanabilir görünmüyor.

Şaşırtıcı gelebilir fakat son 30 yıl içinde Mars'a başarıyla inen yarım düzine uzay aracının bir tanesi bile yaşam izlerini aramak için tasarlanmamıştı. Şansımız biraz yaver giderse, bir de değil iki –biri NASA'dan, diğeri Avrupa Uzay Ajansı'ndan– yeni keşif aracıyla 2021'in başlarında Kızıl Gezegen'e inilince durum değişecek*. İki keşif aracı da yüzey altı suyunun yanı sıra, saklı mikroorganizmaların varlığına işaret eden bir "biyogösterge" kimyasallar dizisini tespit edebilme kapasiteli araçlar taşıyacak.

Tabii bu, geleceğin konusu. Bu kitabı yazdığım sıralarda Mars'ta yaşam aramak için tasarlanan bir deney bulmak isteseydiniz ta 1976 yılına –NASA'nın ilk keşif araçları Viking 1 ve Viking 2'ye– dönmeniz gerekirdi. İki araçta da Mars toprağından bir örnek alıp bilimsel aygıtlar bataryasına koymak için derin bir kaşık bulunuyordu. Bu aygıtların üçü, toprağa bazı kimyasallar karıştırıp varsayılan "olumlu" sonucu gösterecek özel bir reaksiyonu izleyerek canlı organizmaları aramak için özel olarak tasarlanmışlardı.

Deneyin sonucu, gezegenin tamamen farklı konumlarındaki iki keşif aracında da aynıydı. Biri negatif sonuç verdi, ikincisi marjinaldi ve üçüncüsü de pozitif sonucuyla yankı uyandırdı. "İşaretlenmiş salım" olarak adlandırılan bu başarılı deneyde, numuneye karbonun radyoaktif bir çeşidini** içeren besleyici bir karışım verilerek, bu radyoaktif karbon atomlarını içeren herhangi bir gaz çıkışı olup olmadığı test ediliyordu. İki keşif aracında da yüksek oranda gaz çıkışı tespit edildi fakat bu gerçekten Mars bakterisinin verdiği "nefes" miydi?

En tanınan üyesi Carl Sagan olan Viking bilim ekibinin asıl varsayımı buydu. Viking keşif araçlarının inişinden dört

---

* 18 Şubat 2021'de NASA tarafından Mars'a gönderilen Perseverance adlı uzay aracı Kızıl Gezegen'de yaşam belirtileri arıyor. (ed.)

** Evet, bana da biraz zalimce geliyor ve bugün büyük ihtimalle etik dışı sayılırdı.

yıl sonra Carl Sagan, 1980'de yayımlanan kitabı *Kosmos*'ta bu varsayımın yanlış olabileceğini kabul ediyor:

> Viking mikrobiyoloji deneylerinin yapılandırılması ve değişik mikrop türleriyle kontrolleri için büyük çabalar harcandı. Deneyleri, akla yatkın inorganik Mars yüzey materyalleriyle ayarlamak adınaysa çok az çaba gösterildi.

Başka bir deyişle, hatalı pozitif olasılıklarının üzerine yeterince düşünülmemişti. Diğer deneyler esasen negatif olduğu için, NASA, işaretlenmiş salım sonucunun önemine vurgu yapmadı ve şimdi genel fikir birliği, bu sonucun hatalı pozitif olduğu yönünde fakat onu üreten kesin mekanizma asla saptanmadı ve bu yüzden esasında topraktaki mikroplardan kaynakladığı yönündeki dışsal olasılık hâlâ geçerli.

Tüm bu moral bozucu belirsizliğe karşın, Viking deneyi aktif durumdaki gerçek bilimin mükemmel bir örneğidir. Takım, işe Mars'taki mikrobik yaşamın, karasal akranına benzer şekilde işlediği hipoteziyle başladı ve bu hipotezin sonuçlarından –Mars toprağına besleyici bir solüsyon katmanın atık gazlar üreteceği– birini tespit için bir deney tasarladı. Deney pozitif sonuç –tam da beklendiği gibi olmayan– sağlayınca, gözlemlenen sonuçlara daha iyi uyacak alternatif bir hipotez araştırdılar.

Bu da Viking görevinin, baştan sona bilimsellik dışı, diğerine bütünüyle tezat olan sonucuydu. Viking kâşiflerinin çektikleri çok sayıda fotoğraftan birinde, –insan gözüyle bakıldığında– bir insan yüzü gibi görünen bir biçim vardı. Oysa bu, bir yüze tesadüfi (daha yakın tarihli ve kaliteli fotoğraflarda bu benzerlik büyük oranda kaybolmuş) bir benzerlik gösteren doğal bir kaya oluşumuydu fakat bazı insanlara göre de, uzak bir geçmişte uzaylıların Mars manzarasına oydukları devasa bir yüzdü.

Bu fikrin en ısrarcı şampiyonlarından biri Richard Hoagland, 1987 tarihli romanı *The Monuments of Mars*'ta (Mars Abideleri) Viking fotoğraflarında başka sayısız suni yapılar bulmuş olduğunu ifade etti. Bu iddialar eğlenceli olsa da, ciddi bir astrobiyoloji kitabında yer almazdı ancak Hoagland, Güneş Sistemi'ndeki uzaylı yaşamı hakkında tamamen farklı bir başka iddiada bulunuyordu ve çok daha ilgi çekiciydi. İddia ortaya atıldığında birçok bilim insanı bunu "Mars'taki Yüz" kadar ölçüsüz buldu ancak fikirleri artık değişiyor. Nedenini görmek için Mars'tan bir milyar mil uzağa doğru yola çıkıyoruz.

Buz Dünyaları

Güneş Sistemi'nin iç gezegenlerinde çok az miktarda su bulunur. Venüs'te ve Mars'ta –hatta Güneş'e daha yakın Merkür'de– bu çok belli ancak Yerküre için de durum bu. Tüm o okyanuslara, göllere, nehirlere ve yağmur bulutlarına rağmen, gezegenimizin toplam kütlesinin yalnızca yüzde elli birini su oluşturur.

Daha ileri gidip Mars'ın uydusunu geçtiğimizdeyse tablo tamamen değişiyor. Dış Güneş Sistemi, muazzam miktarda su barındırır. Jüpiter'in en büyük uydusu Ganymede ve Satürn'ün en büyük uydusu Titan'da –ikisi de Ay'ımızın bir buçuk misli büyüklüğünde– yüzde elliden fazla su var ancak bu, donmuş sudur –buz–, hayatın sürdürülmesi için gereken sıvı su değildir. Yerküre'nin Güneş'e uzaklığından beş kat daha uzaktaki Jüpiter aylarının yüzey sıcaklığı -150 dereceyken, yine iki kat daha uzaktaki Satürn'ün ayları 30 derece daha soğuktur.

Teoride, Jüpiter'in ve Satürn'ün uyduları, Güneş Sistemi'nin "yaşanabilir alanı" –suyun sıvı olarak bulunabildiği ve böylece hayatın serpilebildiği– dışındadır. Güneş ışınımı

tek ısı kaynağı olsaydı, bu gerçekten doğru olurdu fakat daha kapalı kutu olan bir başka ısı kaynağı bulunuyor: kütle çekimi.

Kütle çekimi bir ayın, uzaya fırlamak yerine bir gezegenin çevre yörüngesinde dönmesine neden olur. Yine de bu, ayın bütününü etkileyen tekdüze bir etki değildir. Gezegene dönük taraftaki etki, diğer tarafa göre daha güçlüdür. Aynı gezegenin etrafında dönen diğer ayların çekim kuvvetleriyle başka dalgalanmalar da olabilir. Bu varyasyonlar, ayın üzerinde gelgit kuvvetleri üretmek üzere birleşirler, tıpkı Ay'ımızın çekim kuvvetiyle Yerküre'de gelgit dalgaları oluşması gibi. Ancak Jüpiter'in ve Satürn'ün aylarındaki gelgit kuvvetleri çok daha büyüktür ve volkanik etkinlik şeklinde oldukça etkili bir ısı kaynağı olurlar.

Bu etki en dramatik biçimiyle, Jüpiter'in en içteki ayı olan Io'da görülür. Io, Güneş Sistemi'ndeki volkanik etkinliği en fazla –Yerküre'den de fazla– olan gökcismidir. Volkanlarının yakınlarında sıcaklık 1,600 dereceye kadar yükselebilir. Sıvı lav akıntıları yüzeyi devamlı yeniden şekillendirir ve ısı, Io'nun sahip olduğu bütün suları –Güneş Sistemi'nin bu bölümünde pek karakteristik olmayan bir şekilde– kaynatarak buharlaştırmaktadır.

Dıştaki diğer ay Europa'da ise durum farklıdır. Kitabın ilk sayfasında onunla karşılaştığımızdan, işin şimdiden ilginç olacağını biliyorsunuz. Onun ismini ilk olarak, Arthur C. Clarke'ın *2001: Bir Uzay Destanı* adlı kitabına devam niteliğinde yazdığı *2010: Uzay Efsanesi 2*'de duydum. Müthiş bir merakla beklediğim tek romandı ve çıkar çıkmaz ciltli haline epey para döktüm: 7,95 pounddu ve 1982'de iyi paraydı (fakat değdi). Kitaptaki sıra dışı varsayıma göre, Europa'nın buzlu yüzeyi, hayatın serpildiği devasa bir sıvı su okyanusu saklıyordu. Kitabın son sözünde açıkladığı üzere bu, Clarke'ın kendi fikri değildi:

> Europa'da, buzla kaplı okyanusların sakladığı, Io'yu da ısıtan Jüpiter kaynaklı gelgitli sıvılarda yaşam olabileceği fikri ilk olarak Richard C. Hoagland tarafından Star and Sky ("The Europa Enigma", Ocak 1980) dergisinde ortaya atıldı.

Evet, bu kişi, *The Monuments of Mars*'ı yazmaya devam eden aynı Richard Hoagland'dı fakat Mars'taki Yüz'ün aksine, Hoagland'ın bu acayip fikrinin iyi –hem de oldukça iyi– olduğu anlaşıldı. Bugün Europa'nın buzlu yüzeyinin gerçekten de dev bir yüzey altı okyanusu sakladığı düşüncesi yaygın kabul görüyor ve bu okyanus, Yerküre'nin tüm okyanuslarındaki suların iki katı fazlası sıvı su içeriyor olabilir. Bu su, gelgit dalgalarının oluşturduğu enerjiyle ve altta yatan kayaların içerdiği ana elementlerle birleştiğinde, Europa hayatın gelişmesi için tüm elementlere sahip demektir.

Europa öyle umut verici bir habitat ki, ona doğru pek çok uzay görevi planlanıyor. Önce NASA'nın Europa Clipper'ı var. Devam etmesi koşuluyla –ki bu, NASA'nın böyle tutkulu olduğu uzay programlarında hep kapı gibi bir "koşuldur"– 2020'lerin ortalarına doğru iniş yapılacak. Altı yıl kadar sürebilecek bir yolculuktan sonra, bir dizi bilimsel aygıt beraberinde tekrarlı uçuşlarla, Europa'da sonda yapılacak. NASA bilim insanı Robert Pappalardo'nun 2017 yılında açıkladığı gibi:

> Biz gerçekten Europa'nın potansiyel yaşanabilirliğine, hayat bileşenlerine, suya ve varsa yaşam için kimyevi enerjiye varmaya çabalıyoruz. Bunu da okyanusu ve buz kabuğunu, yapıyı ve jeolojiyi anlamaya çalışarak yapıyoruz.

NASA'nın Europa Clipper'ı indirmeyi planladığı aynı zamanlarda, Avrupalı mevkidaşı ESA da, fazlasıyla müphem isimli JUICE* "Jüpiter'in Buzlu Aylarının Kâşifi" uzay aracını

---

* (İng.) Jupiter Icy Moons Explorer. (Çev.)

indirmeyi amaçlıyor. Bu ikisi Europa'ya yakından bakacaklar ancak en son varış yerleri bir sonraki ay olan Ganymede ve onda da büyük bir yeraltı okyanusu olduğuna inanılıyor.

Tüm bu planların içinde en iddialısı da NASA'nın Europa Lander'la iniş planlarıdır. Araç ay yüzeyine iniş yapacak ve yüzeyde deneyler sürdürecek. Gel gelelim, bunun iniş olasılığın kesinliği, JUICE ya da Europa Clipper'a göre daha az ve sebebi sadece mali kaynaklı değil. Gezegenlerarası etik meselesi de söz konusu. Europa'da yaşam varsa, biz hangi hakla onun topraklarını "istila" etmek zorundayız ki? Üstelik bu yalnızca bir robot istilası da olmayacak. Bir uzay aracı inişten önce ne kadar sterilize edilirse edilsin, üzerine mutlu mesut tutunan milyonlarca dünyasal mikrop olacaktır.

Bu mikroplar Europa'nın okyanusuna geçerse, ne olacağına dair en ufak fikrimiz yok. Eğer burada yaşayan bir ekosistem varsa, Yerküre'den gelen bu istilacılar tarafından yok edilebilir ya da bozulabilir; tıpkı istilacı türlerin Yerküre'deki ekosistemlere büyük zararlara sebep olabildikleri gibi. Öte yandan, Europa'da önceden yaşam formu yoksa, dünyasal bakteriler oraya yerleşip gelişebilir; bu da ileriki kuşak bilim insanlarının kafasını karıştıracak bir durum olur. NASA tüm bu olasılıkları ciddiye alıyor ve daha şimdiden olabileceklerden kaçınmak için önlemler alınıyor. NASA'nın Jüpiter'in etrafına konumlandırdığı Galileo uydusu 2003'te görevini tamamladığında özellikle yok edildi ve bu işlem Europa'ya hiçbir şekilde bulaş olmaması için Jüpiter'e çarptırılarak yapıldı.

Galileo'nun terk edilişinden on beş yıl sonra, getirdiği bilgilerin bir kısmını yeniden inceleyen bir grup bilim insanı, dikkate değer bir bulgu keşfetti. Uzay aracı bir defasında Europa'dan fırlayan bir su bulutunun –daha çok, dünyadaki bir gayzerin devasa bir çeşidi gibi olan– içine doğru uçmuştu. Muhtemelen bu bulut, ayın derinliklerindeki sıvı su okyanusunda oluşmuştu. Eğer öyleyse, gelecekteki uzay görevleri için haberler harika çünkü böylece Europa'nın iç yapısı, yü-

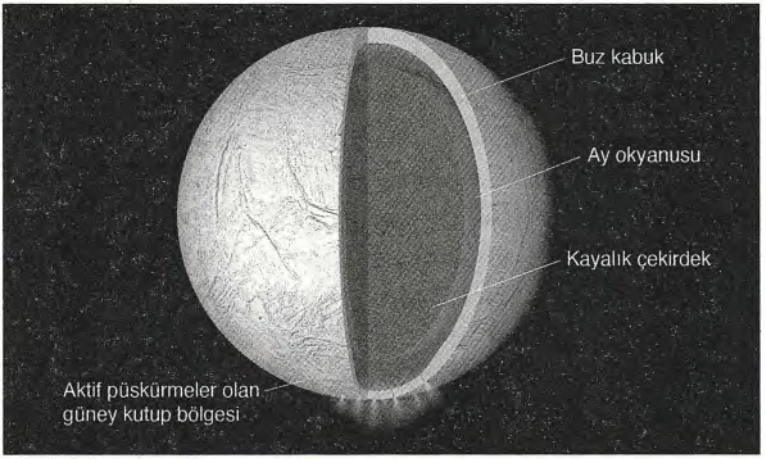
zeye inmeden ve yüzey altı okyanusunda sondaj yapmadan uzaydan incelenebilecek demektir.

Benzeri ve daha da göz alıcı görünen bir gayzer tipi olguya Satürn'ün bir başka ayı Enceladus'ta rastlanabilir. Europa'dan daha küçük –500 km çapıyla onun altıda biri– boyutta fakat görünüşü ona benzeyen düz ve buzla kaplı bir yüzeydir. Güney kutbunun yakınındaki gayzer bulut kümeleri ilk olarak NASA uzay aracı Cassini tarafından 2005'te keşfedildi ve başka açılardan fotoğraflandı.

Enceladus'un gayzerleri, materyali 900 km –neredeyse ayın kendi çapının iki katı– uzaya fırlatacak kadar kuvvetlidir. Kimyasal analizler, bulutun içindeki birkaç başka bileşeniyle birlikte yüzde doksan dokuzunun su olduğunu gösteriyor. Bu bileşenler karbon, nitrojen, hidrojen ve oksijeni de kapsıyor; yani Enceladus dünya tipi yaşamı desteklen gerekli tüm elementlere sahip. Europa'daki gibi bu bulutun en olası kaynağı, resimde de şematik olarak gösterildiği üzere bir yeraltı okyanusudur. Tüm bunları hesaba kattığımızda, Enceladus dünyasal yaşam arayışında umut vaat eden bir başka yer gibi görünüyor.

Buz dünyaları konusunu geçmeden önce, söz etmeye değer bir konu daha var: Satürn'ün en büyük uydusu Titan. Güneş Sistemi'nde belirgin bir atmosfere sahip olan tek ay olan Titan'ın gerçekten de yüzey basıncı Yerküre'ninkinden yüzde elli daha fazladır. Tıpkı Yerküre'de olduğu gibi, Titan'ın atmosferinde de en yaygın bileşen nitrojen, geri kalan kısım ise büyük oranda metan ve hidrokarbonlardır. Sonuncusuyla ilgili can sıkıcı şey ise bunların –dışarıdan gözlem yapan birinin görüş alanına göre– yüzeyi sürekli saklayan yoğun ve sisli bulutlar oluşturmalarıdır.

Titan manzarasının bir anlık görünüverişi, Huygens uzay aracının Ocak 2005'te yüzeye doğru alçalarak inerken çektiği bir dizi panoramik fotoğrafı beklemek zorundaydı. ESA tara-



Satürn'ün ayı Enceladus'un (ölçeklendirilmemiş) varsayımsal içyapısı, ayın yüzey altı okyanusunu ve güney kutbundaki gayzerlerin postulatını gösteriyor.
(NASA görseli)

fından tasarlanan Huygens, NASA'nın Cassini uzay mekiğinin panelinde Titan'a taşındı. Cassini yükü indirdikten sonra Titan'ın yörüngesine girdi ve yüzeyin yüksek çözünürlüklü bir dizi fotoğrafını çekti: Bulut örtüsüne işleyebilmek için görünür ışık yerine radar kullanıyordu.

Huygens ve Cassini fotoğraflarında görünen topolojiler ilk bakışta şaşırtıcıdır ki Yerküre benzeri görünüyor ancak bu ilk izlenim yanıltıcıdır. Kayalık dağlar gibi görünen yerler, derinlemesine donmuş buz, göller ve nehirler gibi görünen yerler de sıvı metandan yapılıdır. Titan'da da metan yağmurları ve metan bulutlarından düşen yağmurlar bulunuyor.

Astrobiyoloji bakış açısına göre bu, asap bozucu bir durum. Titan manzarası, yaşama sahip *olmalı* hissi verircesine karmaşık görünüyor. Güneş Sistemi'nde, Yerküre dışında büyük sıvı kütleleri olan tek yer ancak bu sıvılar su değil, metan; yani dünyasal koşullardaki bir gazdır. Hatta Titan'ın, Yerküre'de-

ki su döngüsüne tıpatıp benzeyen, kendi buharlaşmaları ve yağışları olan bir metan döngüsü mevcut ancak gerçek şu ki, Titan'ın yüzeyi su olmadan, bildiğimiz yaşama yuva olamaz.

Titan'ın sıvı sudan oluşan bir yeraltı okyanusuna sahip olma olasılığı elbette hep vardı; tıpkı daha küçük kardeşi Enceladus gibi. Böyleyse de, Yerküre benzeri bir hayat orada gizlenmiş olabilir. Daha uzak bir olasılık ise bütünüyle farklı, su yerine metanı çözücü olarak kullanan bir biyolojinin Titan yüzeyinde evrimleşmiş olmasıdır. Hatta bunun muhtemel oluşuyla ilgili küçük bir işaret bile var.

2009'da,Arizona Üniversitesi'nde doktora öğrencisi olan Sarah Hörst, Titan'daki koşullara uyumlanmış bir Miller-Urey deneyi çeşidini yürüttü fakat kilit olduğu düşünülen bir öğe eksikti. Hörst'ün deney çeşidinde sıvı su yoktu. Yine de deney başarılıydı; bir bakıma orijinal Miller ve Urey düzeninden de başarılı. Hörst'ün deneyi aminoasitlerin yanı sıra, dört DNA nükleotit bazı da üretti. Bu kimyasallar sıvı suyun yokluğunda ilk kez elde ediliyordu: Yerküre'deki bilim insanlarınca diye de ekleyelim. Peki bunun ilk defa Titan'da gerçekleşmediğini kim söyleyebilir?

Bir tür yaşamın Titan'daki sıvı metan göllerinde kendine uygun bir niş açmış olması bu nedenle akla yatkın fakat oradaki –ya da Enceladus, Europa veya Mars'taki– herhangi bir organizmanın da dünyadaki arkeler ve bakteriler gibi mikroskobik boyutta olacağı gerçeği yerli yerinde duruyor. Bilim insanları için ilgi uyandırsa da, çoğu insanın dünya dışı yaşam dendiğinde heyecana kapıldığı şey bu değil. Daha karmaşık organizmalar bulmak istiyorsak, ufkumuzu Güneş Sistemi'nin ötesine doğru genişletmemiz gerekecek.

GÜNEŞ SİSTEMİ DIŞINDAKİ GEZEGENLER 6

2. Bölüm'de de gördüğümüz üzere, başka yıldızların etrafında dönen gezegenler fikrinin kökeni, yüzyıllarca önceye gider. İlk iddialar, evrendeki küçük mekânımıza dair biricik bir şey olmadığını söyleyen Kopernik prensibine dayanırlar ve özde felsefiler. Bernard de Fontenelle, 17. yüzyıl sonlarında, "dünyaların çokluğu" (ilgili başlığa bkz.) üzerine kitap yazdığında, fikir kendisini derinlemesine inşa etmişti; öyle ki kitapta aristokrat bir leydi, kendisine ders veren başkahramandan hızlı davranarak şöyle diyordu:

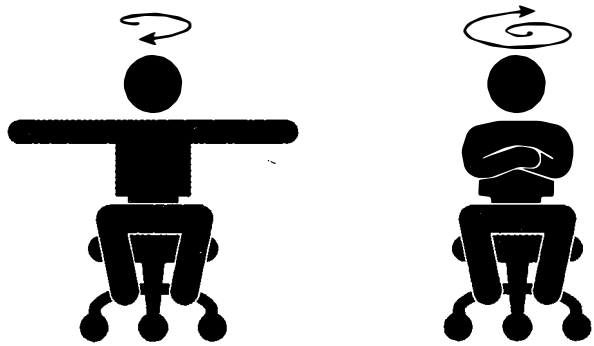
> "Hata mı yapıyorum," diye feryat etti Markiz, "yoksa senin gayesizliğini mi görüyorum? Sabit yıldızların hepsinin güneşler olduğunu söylemeyecek misin? Bizim Güneş'imiz gezegenleri aydınlatır; tüm sabit yıldızlar neden böyle aydınlatmasın gezegenleri?"

Zaman geçtikçe bu felsefi iddialar, sağlam bilim temeline dayanan başka akıl yürütmelerle pekiştirildi. 18. yüzyılda, Güneş Sistemi'nin kökenini açıklamaya yönelik ilk ciddi çabalar görüldü. Güneş, nebula olarak isimlendirilen gezegen öncesi diski bir toz ve gaz bulutundan yoğunlaşarak çıkarken görselleştirildi. Bundan geri kalan ve başlarda gezegen öncesi disk olarak Güneş'in etrafında dolanan parçalar, sonunda gezegenleri biçimlendirmek üzere bir araya toplanıyorlardı. Bu halen oldukça isabetli bir tablo; sadece kendi Güneş'imi-

zin değil, genel olarak yıldızların biçimlenmesi bakımından da öyle. Bir gezegensel sistem biçimlendirmek için her zaman "geride kalan parçalar" olacağı fikri de kulağa geldiği kadar üstünkörü değil. Bu, temel bir fizik konusudur.

Fizikteki en önemli niceliklerden biri, ismi kulağa hantal gelen açısal momentumdur. Temelinde bir nesnenin devir miktarının bir ölçümü ve tıpkı enerji gibi sabit şekilde korunmaktadır. İlk nebulanın devir hızı ne olursa olsun, finaldeki sistem tamı tamına aynı miktarda olmak zorundadır. Sayısal olarak, açısal momentum, radyanla çarpılan –radyan küçüldükçe, hız artmak zorundadır– dönüş hızıdır. Bu, düşünülenden daha kolay anlaşılır bir konu; kendi etrafınızda dönmeye (örneğin, resimdeki bir döner sandalyeyle) başlarsanız, kollarınızı kavuşturarak yarıçapı küçülttüğünüzde hızlanırsınız. Nebula, hayata koskoca bir alana yayılarak başladığı için, yarıçap, bir yıldızın boyutuna küçüldüğünde, çok yavaş bir ilksel dönüş bile çok daha hızlı bir sürate çevrilir.

Sorun şu ki, yıldızlar, nebulanın sahip olduğu tüm açısal momentumun izahına yetecek kadar hızlı dönmezler. Güneş Sistemi söz konusu olduğunda bu açısal momentumun nereye gittiğini biliyoruz. Gezegenler, her ne kadar Güneş'in küt-



Açısal momentumun korunumu, kollarınızı kavuşturduğunuzda hızınızı artırır.
(Wikimedia Ortak kullanıcı MikeRun, CC-BY-SA-4.0)

lesine yüzde birden daha az ekleme yapıyorlarsa da, Güneş Sistemi'nin açısal momentumunun dudak uçuklatan yüzde doksan dokuzluk oranına izah getirirler ve fiziğin her yerde aynı işlemesinden dolayı da gezegensel sistemler, diğer yıldızların etrafındaki "kayıp" açısal momentumu da emerler.

Ötegezegenleri araştırmadan önce, astronomi bilimi geliştikçe gitgide açığa kavuşan bir başka konudan da söz etmeye değer. Bütün yıldızlar aynı değildir: Kütlelerine ve bulundukları yaşam döngüsü evresine göre belirlenen bir hayvanat bahçesi dolusu çeşit bulunmakta. Şu anki bağlamda, Güneş benzeri yıldızlarla ilgileniyoruz; bu da yaşam döngüsünün, "ana sekans" olarak adlandırılan bir fazına odaklanmak demektir. Ana sekans, yıldızların hidrojeni helyuma çevirmek için nükleer füzyonu kullandıkları, çıkan enerjiyi de ısı ve ışık olarak saçtıkları yerdir.

Sanılanın aksine, bir yıldızın ana sekansta harcadığı süre, kütlesi ne kadar büyükse, o kadar kısa olur. Biz de hayat başlamadan önce yeterince uzun zaman var olagelmiş ötegezegenlerle ilgilendiğimiz için, Güneş'ten daha hacimli yıldızları gönül rahatlığıyla geri plana atabiliriz. Mesleki jargona (aşağıdaki açıklamaya bkz.) göre konuşursak bu, dikkatimizi F-, G-, K- ve M-tipi ana sekans yıldızlarına odaklamamız anlamına gelir. Güneş bir G-tipidir; tıpkı bu kitapta adına daha önce rastladığımız bir başka yıldız olan Tau Ceti gibi. Tau Ceti, Frank Drake'in SETI sinyalleri arayışında, Green Bank teleskobunu çevirdiği, en yakın iki civar yıldızdan biridir. Diğer hedefi Epsilon Eridani ise daha küçük bir K-tipi yıldızdır.

Yıldızların Sınıflanması

Yıldızları sınıflayan standart sistemin geçmişi 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyıl başlarına uzanıyor ve –o zamanın bilimsel başarılarında pek de alışıldık olmayan biçimde– bunu tamamıyla ka-

dınlara borçluyuz. Bu kadınlar,-çoğul yazıyorum çünkü Harvard Gözlemevi'nden Annie Jump Cannon'un liderlik ettiği bir takımdı ve birlikte Williamina Fleming ve Antonia Maury'nin daha erken dönem çalışmasını geliştiriyorlardı. Şekillendirdikleri sistemin temelinde tayf çizgileri (ilgili bölüm başlığına bkz.) vardı fakat konu ana sekans yıldızları olunca kütle ve sıcaklık sorunsalı doğuyordu. Özünde muntazam olan bu alfabetik sistemde, bazı harfler yok ve bazıları da ilgi alanımızın dışında kalıyor; bu yüzden yalnızca bu dört tipe bakmak zorundayız: F, G, K ve M.

Güneş, G-tipi bir ana sekans yıldızdır. Bu sınıftakiler Güneş'in kütlesinin 0,8- 1,1 katı büyük olan yıldızlardır. Bu da her G-tipi yıldızı, Güneş benzeri yapar. Kütle daha da azaldığında 1,2 ile 1,6 güneş kütleleri aralığındaki ve Güneş'ten altı kat daha parlak F-tipi yıldızlara geliriz. Bu yıldızlar daha sıcaktır: G-tipi 5,000-6,000 dereceyken, F-tipi yıldızlar 6,000-7,000 derecelerdedir. Daha parlak ve sıcak olmaları bizi, sıvı bulunan gezegenlerin var olabileceği yaşanabilir alanların, Güneş Sistemi'mizden daha ötede oldukları sonucuna götürüyor.

Zıt yönde ise güneş kütleleri 0,5 ve 0,8 arasında değişen K-tipi yıldızlara gidiyoruz. Bunlar Güneş'ten birkaç bin ya da daha fazla derece daha soğuklar ve Güneş'in onda bir katı kadar ışıtma enerjileriyle, daha soluklar ancak K-tiplerinin daha uzun ömürlü olma avantajları var ve bundan dolayı da yaşamın kök salması ve evrilmesi olasılığı daha fazladır.

Son olarak M-tipi yıldızlar var. Bunlar daha küçükler –Güneş'in yarı kütle büyüklüğünden daha küçük– ve K-tiplerinden belirgin derecede daha soğuklar. Aslında öyle soğuklar ki, enerjilerinin çoğu tayfın görünen yüzünden değil de kızılötesiyle yayılır ve onlara soluk kırmızı renklerini verir. Küçük boyutlarıyla birleşince de bu, klasik İngiliz durum komedisi *Red Dwarf** hayranlarına tanıdık gelecek olan "kırmızı cüce" takma adını almalarıyla sonuçlanır.

* İngiliz bilimkurgu komedi dizisi. (Çev.)

16. yüzyıldan itibaren Güneş'in ayrıcalıklı bir özelliği olmadığı fikri aşılandığından, onun ortalama bir ana sekans yıldızı olduğunu varsaymak kolaydır ancak bu doğru değil. Kütle, ışıtma ve sıcaklığı bakımından Güneş, ortalamanın epey üzerindedir. G-tipi ve F-tipi yıldızlar –daha parlak ve kısa ömürlü olan bütün yıldızlarla beraber– galaksideki en büyük, en ışıklı ve en sıcak ana sekans yıldızlarının yüzde on ikisini oluştururlar. Daha soluk olan K-tipleri diğer yüzde on ikiyi oluşturur ve geri kalan yüzde yetmiş altılık büyük kısmı da M-tiplerini –kırmızı cüceler– oluşturuyor. Bu da gerçekten "ortalama yıldız" olarak görünen tiptir.

Galaksi yıldızlarının bu kadar büyük oranını oluşturduklarına göre, geceleri neden kırmızı cüce gezegenlerle dolu bir gökyüzü görmediğinizi merak ediyorsunuzdur. Sebebi, çıplak gözle görmek için oldukça soluk olmalarıdır. Hatta bu neredeyse arka bahçemizdeki, Proxima Centauri –4,2 ışık yılı uzaktaki Güneş'e en yakın yıldız– ya da benzer büyüklükteki ve biraz daha uzakta, 6 ışık yılı mesafede olan Barnard Star gibi kırmızı cüce yıldızlar için de geçerlidir.

Bir kırmızı cücenin –Güneş'ten tamamen farklı olan bir yıldız– etrafında dönen bir ötegezegen, hayat saklıyor olabilir mi? Bu etkileyici soruya bölüm sonunda yeniden döneceğiz. Ondan önce ilgilenmemiz gereken daha öncelikli bir sorun var. Proxima Centauri'ye –ya da yakındaki 11 ışık yılı mesafede– daha büyük bir yıldız olan F-tipi Procyon'a dünyanın en güçlü teleskobuyla baksak bile tek göreceğimiz, iğne ucu büyüklüğünde bir ışıklı noktadır. Peki böylesine ufak bir nokta etrafında dönen bir gezegen bulma umudumuz nedir?

Göremediğiniz Bir Şeyi Tespit Etmek

Aslında astronomide, bir ötegezegeni tespit etmeye kavramsal olarak oldukça yaklaşan klasik bir sorun var ve bu kla-

sik soruna uzun zamandır çözümler öneriliyor. Kendi ortak yerçekimsel merkezleri etrafında dönen iki yıldızı kapsayan sorun, ikili sistemlerle ilintilidir. Bu durum, böylesi bir ikili sistemin çoğu kez parçası olan F-tipi yıldızlar ve onlardan da parlak olanlar, bu sistemin nadiren parçası olan Güneş benzeri yıldızlar ve çok daha az sıklıkla parçası olan kırmızı cüce yıldızlar eşliğindeki yıldızsal kütleye bağlı gibi görünüyor. Hepsi göz önüne alındığında da, galaksideki yıldızların dörtte birinin ikili sistemlerle ilgili olduğu düşünülüyor.

Bazı durumlarda, ikili bir sistemdeki yıldızların birbirlerine olan mesafesi, bir teleskopla ayrı ayrı görülebilecekleri kadar açıktır fakat her zaman böyle olduğu söylenemez; bu yüzden astronomlar bir ikili yoldaşlığın varlığını, bunu gerçekten göremedikleri zamanlarda da tespit etmek için uğraşmak zorundaydılar. Bunun için üç yöntem buldular. Hepsi de ötegezegenlerin tespiti için potansiyel olarak uygulanabilirdi.

Üç yöntemin de başlangıç noktası, yıldızların yörüngesel hareketidir. Ortak bir çekim merkezi etrafında döndükleri için, –biri diğerinden daha kütleli olsa da– iki yıldız da hareket halindedir. Varsayalım ki, parlak bir yıldızın bir yoldaşı olsun ve bir teleskopla görünemeyecek kadar küçük ya da çok soluk olsun. O, kendi yörüngesinde dönerken, daha büyük olan yıldızın hafifçe iki yana "yalpalamasına" sebep olur ve bu yalpalama farklı zamanlarda çekilen bir fotoğraf sekansında görünür olabilir. Görülemez bir ikili yoldaşlığın tespit edilebileceği ilk yol budur ve adına "astrometri (gök ölçüm) metot" deniyor.

Böyle bir çift yıldız bulma yolundaki ikinci teşebbüs ise kendi başınıza deneyebileceğiniz bir şey, teleskop ya da fotoğraf ekipmanı da gerektirmiyor. Demem o ki, bunu belli başlı bir çift yıldıza baktığınızda yapabilirsiniz. Bu yıldız Algol ve Perseus takımyıldızındaki ikinci en parlak yıldızdır (kuzey yarımkürede kış gecelerinde semada görebilirsiniz). Yıldızın

ismi, açıkça hayaletimsi olan hareketinden ötürü "hortlak" anlamına gelen Arapça sözcükten (Alghul) gelmiştir. Eğer peş peşe birkaç gece gözlem yaparsanız, her üç ya da fazlası saatte bir, birkaç saatliğine aniden sönükleştiğini fark edersiniz. Sebebi, yakın bir çift yıldız olması ve normalde iki yıldızdan gelen ışığı da görebilirsiniz; birinin, diğerinin önünden geçtiği ve ışığın çarpıcı şekilde sönükleştiği kısa süreler dışında.

Bir yıldızın "ışık eğrisi" –parlaklığındaki zamanla olan yükseliş ve düşüşler– fikriyle, 4. Bölüm'deki uzaylı mega yapıları konusunda karşılaştık. Bu terim, Algol gibi çeşitli yıldızlar bağlamında daha makul bir biçimde oluştu ve ötegezegenler peşindeki yolumuzda bize bir başka kullanışlı alet daha kazandırıyor.

Üçüncü teknik en karmaşık olanıdır. Astrometri tekniğini ve iki yana yalpalamayı yeniden düşünürsek, ilgili devinim nasıl dikey yönde –bize göre yukarı aşağı– olur? Ben çocukken, daha ucuz ve telsiz kontrollü drone'lar çıkmadan önce, elimizdeki buna en yakın şey "kumanda devreli" uçak modeliydi. Bu uçaklar, daireler çizerek tur atan uçağı uçuran operatör tarafından kullanılan uzun kablolara bağlanırlardı. Bu kişi motordan gelen sabit bir vızıltıyı duyarken, biraz uzakta duran kişi tamamen farklı, devamlı yükselip alçalan bir ses duyardı.

Bu elbette Doppler etkisine bir örnek ve motorun sesini ona yaklaşıldığında tizleştirirken, ondan uzaklaşıldığında düşürüyor. Bu yalnızca sesin değil, tüm dalgaların niteliğidir. Size doğru itildiklerinde toparlanırlar –bundan dolayı daha kısa dalga boyu ve yüksek frekans– ve sizden uzağa çekildiklerinde yayılırlar; daha uzun dalga boyu ve daha düşük frekans. Bir çift yıldızdan gelen ışığa da tam olarak aynı şey olur. Kaynak, yörüngesinden uzaklaştığı zamanlarda daha uzun dalga boyu ya da daha kızıl renkler, yörüngesine yaklaştığında ise daha kısa dalga boyu ve daha mavi renkler oluşur.

Sorun şu ki, bunu ancak hangi dalga boyuyla başladığınızı bilir ve ne derecede geçiş yaptığını çözebilirseniz kullanabilirsiniz. Tam buradayken, kitapta daha önce karşılaştığımız bir düşünceye, nötr hidrojen gazlarından gelen karakteristik radyo dalgalarından söz ederken birden ortaya çıkan tayf çizgileri kavramına dönelim. Yıldızlardaki daha yüksek sıcaklıklarda, benzeşen dar bant çizgileri, görünür dalga boylarında üretilir. Bu, hem –arka plan tayfından daha parlak olan– salım çizgilerini hem de daha koyu olan emilim çizgilerini kapsar. Bu hatlardaki geçişi ölçmek, bir çift yıldızın yörüngesel hızını belirlememizde bize bir yol açar ve yıldızın tayfına bakmayı da içerdiğinden spektroskopik metot olarak adlandırılır.



Yıldız ışığı tayfındaki karakteristik çizgiler, yıldız yaklaşırken maviye, uzaklaşırken kırmızıya döner.
(NASA görseli)

O zaman bu üç tekniğin –astrometri, spektroskopi ve ışık eğrili– ötegezegen arayışına nasıl uygulanabileceğini görelim. Astrometri teknik, daha başında pes dedirten bir yöntem gibi görülebilir çünkü iki yana yalpalama hareketi, bırakın bir gezegen, bir yoldaş yıldızca üretiliyor olsa bile, epey zayıf kalır ancak 1855 yılında, Kaptan William Jacob tarafından bazı iddialar ortaya atıldı. İngiliz ordusunun bir mühendisi ve bir astronom olan Jacob, Hindistan'daki Madras Gözlemevi'ne atandı. Orada, yakındaki bir ikili sistem olan ve iki K-tipi yıldızın bulunduğu 70 Ophiuchi üzerine çalışırken, yoldaş

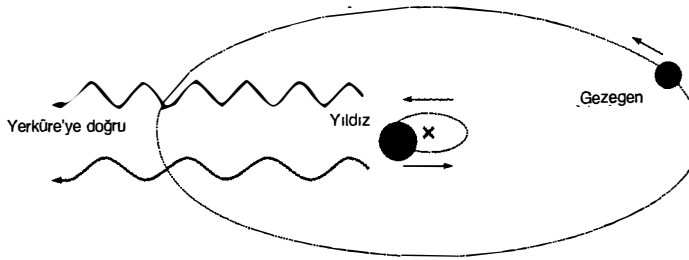
yıldızın davranışıyla açıklanamayacak ilave bir "yalpalama" tespit ettiğini düşündü. Konu üzerindeki çalışmasını şu sonuca bağladı:

> Öyleyse, bu sistemle bağlantı halinde olan gezegensel bir cismin varlığı lehinde bazı pozitif bulgular var ve durumun yüksek olasılığını duyurmamız için yeterliler.

Maalesef konu bu kadar net değildi. Başka birkaç astronom daha aynı sapmadaki yalpalamayı gözlemlediklerini iddia etseler de, çoğunluk, ikili sistemle açıklanabilir olmayan hiçbir şey görmedi. Bir gezegenin yol açtığı bir yalpalama varsa bu, tespit edilebilirliğin sınırlarındadır ve bugün bile 70 Ophiuchi'nin bir gezegensel sistemi olup olmadığını kimse kesinkes bilmiyor.

Bir ötegezegenin astrometri tespitiyle ilgili diğer fikir, 1963'te, Hollandalı-Amerikalı astronom Piet Van de Kamp'tan geldi. Bu defa ana yıldız önceden de bahsettiğimiz, Güneş'in en yakın komşularından, kırmızı cüce yıldız Barnard's Star'dı. Burada bir iyi haber/kötü haber durumu vardı. Kötü haber şu ki, birkaç yıl içinde diğer astronomlar, van de Kamp'ın ölçümlerinin, aygıt hataları sonucu böyle olduğunu göstermişlerdi. İyi haberse, 2018'de Barnard Star'ın bir gezegeni olduğunun bulunması oldu. Bu bölümde konuya tekrar döneceğiz ama öncesinde, bu gezegeni bulmak için kullanılan yönteme, yörüngedeki bir gezegenin yerçekimi, yıldızın yalpalamasına neden olmaktayken yıldızın tayfında Doppler geçişlerini arayan spektroskopiye göz atalım.

Fikir düzgün olsa da, gözlem kolay değil. Sorunlardan ilki şu: Bir yıldız, bir gezegenden öyle çok büyüktür ki, aradığımız hız çeşidi çok küçüktür. Güneş Sistemi'mizdeki en büyük gezegen Jüpiter, Güneş'in her saniyede salt 12,5 m yalpalamasına neden olur (her saatte 45 km) ve bu da pek "astronomik"



Bir gezegen, yıldızın etrafında dönerken yıldızın kendisi hafifçe yalpalar ve Doppler etkisi nedeniyle, saçtığı ışığın dalga boyunda değişikliklere neden olur.
(Kullanımı serbest çizim)

bir rakam değildir. Buna rağmen 1990'ların spektroskopi teknikleri, bu tip bir çeşidin potansiyel tespiti için yeterince hassastır.

Hız çeşitleriyle ilgili ikinci sorun, boyuttan ziyade zaman ölçeğidir. Bir yalpalama ancak farklı zamanlarda alınan spektrumların karşılaştırılmasıyla tespit edilebilir ve oran düşükse bu, uzun bir bekleyiş anlamına gelebilir. Örneğin; Jüpiter, Güneş'in etrafındaki bir turunu yaklaşık 12 yılda tamamlar; bu yüzden de astronomlar yalpalamadan emin olmadan önce, en az bu kadar zaman boyu veri elde etmek durumundalar. Yerküre, Güneş'in etrafında daha hızlı döner –yılda bir– fakat Jüpiter'den çok daha küçük olduğu için büyüklük sorunu yine karşımıza çıkar.

Yerküre'nin bir turunu, Jüpiter'den daha az sürede tamamlamasının iki sebebi vardır. Birincisi, yolculuk edeceği mesafe daha kısadır çünkü Yerküre, Güneş'e daha yakındır ve yörüngesi daha kısa daire çevresi uzunluğundadır. İkincisi, daha yüksek hızda seyreder. Sebebi de çekim kuvvetinin kısa erimde daha kuvvetli olmasıdır. Çekim kuvveti daha kısa mesafede daha güçlü olduğundan, gezegen Güneş'e doğru düşmemek için onun etrafında daha bir hızlı dönmelidir. Sonuçsa

bir başka "kare-küp yasasıdır" fakat bunun 2. Bölüm'de gördüğümüz yasayla bağıntısı bulunmuyor. Burada, yörüngedeki bir turu tamamlamak için gereken zamanın karesi, ortalama radyanın küpüne orantılıdır; 17. yüzyıl astronomu Johannes Kepler'den sonra, Kepler'in üçüncü yasası olarak bilinen bir sonuç (21. yüzyıldaki adaşıyla birazdan tanışacağız).

Beni şu ana kadar takip ettiyseniz, söyleyeceğim bir sonraki şeye şaşırmazsınız. İlk ötegezegen, 1995'te spektroskopi yöntemiyle keşfedildiğinde –Yerküre'yle değil de Jüpiter'le kıyas yaparak– çok büyük olduğu ortaya çıktı ve ana yıldızına çok yakın yörüngede dönüyordu. Onu bulan Cenevre Üniversitesi astronomları Didier Queloz ve Michel Mayor için bunun sürpriz olmaması gerekirdi fakat öyle oldu.

Gezegen, ana yıldıza, 51 Pegasi adı verilen (kısaca 51 Peg) bir G-tipi yıldız, yalnızca yakın değil, akıl almaz şekilde yakındı. Güneş Sistemi'ndeki en iç –ve en küçük– gezegen Merkür, Güneş'ten 50 milyon km uzaktadır ve bir yörünge turunu 88 günde tamamlar. Karşılaştıracak olursak, 51 Peg'in Jüpiter boyutundaki gezegeni, ondan salt 8 milyon km uzakta ve bir turunu 4,2 günde tamamlıyor. Astronomların bu kadar kısa "bir yılı" olan gezegenler olabileceğine dair hiçbir fikirleri yoktu.

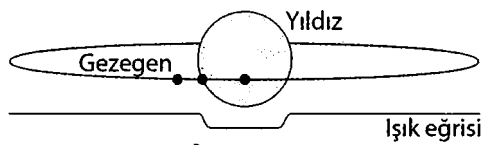
Queloz ve Mayor'un gezegenine 51 Peg b adı verildi. Yıldızın kendisi ilk önce keşfedildiği için ona "a" dendiği düşünülse, bu gezegen "b" olur ve daha sonra bulunabilecek gezegenler de c, d ve devamı şeklinde isim alır mantığı güdüldü. Bu da ötegezegenlerin standart isimlendirilme şekli oldu.*

51 Peg b'nin keşfinden bu yana, spektroskopi metoduyla birkaç yüz ötegezegen keşfedildi. Çoğunluğunun, özellikle

* Bir tür mazoşist sebeptendir, Uluslararası Astronomi Birliği o zamandan beri ötegezegenlere normal isimler koymaya başladı: Örneğin, 51 Peg, Dimidium olarak biliniyor. Her yıl keşfedilen yüzlerce yeni ötegezegen bulunmakta, ki bu iş kısa zamanda çok zahmetli olacak.

keşiflerin ilk zamanlarında, ana yıldızlarına çok yakın yörüngedeki büyük gezegenler –"sıcak Jüpiterler" olarak bilinegelen bir sınıf– olduğu anlaşıldı. Bu, bu tip gezegenlerin özellikle yaygın olmaları anlamına gelmiyor, onlar sadece bu metotla tespit edilmeleri en kolay olanlar. Öyle ya da böyle, astrobiyoloji açısından bizim için fazlaca kullanılabilir değiller çünkü "bildiğimiz şekliyle yaşam" yönünden aşırı derecede sıcaktırlar. Neyse ki spektroskopi teknikleri şimdilerde daha önceki saniyede bir metreye kıyasla daha iyi bir çözünürlüğe sahip, bu da Yerküre benzeri gezegenleri tespit edebilecekleri anlamına geliyor.

Spektroskopi metodunun tüm başarılarına rağmen gezegen avı yarışlarında atağa kalkan, "transit yöntemi" oldu. Bu yöntem bir yıldızın ışık eğrisini, Algol gibi çift yıldızların tespitine benzeşik ancak özdeş olmayan bir tarzda kullanır. O halde, normalde bir yıldız diğerinin önünden geçerken iki yıldızdaki ışığı, eğrideki periyodik eğimleriyle görürüz fakat gezegenler kendi ışıklarını üretmezler ve bu yüzden en yüksek umudumuz, gezegen bir yıldızın önünden geçerken –astronomik jargonda transit olarak bilinir– ufak bir eğim görmektir.



Gezegen, yıldızın önünden geçerken, yıldızın ışığı ufak bir eğim gösterir.
(Wikimedia ortak kullanıcı erişimi, CC-BY-SA-3.0)

Başka bir yıldız sistemindeki astronomlar Güneş'imizin ışık eğrisini ölçerlerse, Jüpiter transiti sırasında yüzde 1'lik, Yerküre transiti sırasında da yüzde 0,01'lik bir eğim görürlerdi diyerek meseleyi bir perspektife oturtalım. Oldukça küçük

gibi gelse de, bu kadar ufak bir sapma bile özel olarak tasarlanan aygıtlarla tespit edilebilir. Bunların en bilineni de Kepler uzay teleskobudur. 2009'da NASA tarafından yerleştirilen Kepler, örnek teşkil eden uzay teleskobu Hubble'dan pek çok açıdan ayrılır. Hubble, Yerküre'nin yörüngesinde dönen olağan bir uydu'yken Kepler, Güneş'in yörüngesine kondu. Yörüngesi Yerküre'nin kendisine çok benzer ancak yüzde 1,3 civarında nispeten daha büyük bir mesafesi bulunuyor.

Kepler'in (Teleskobun isim babası olan Kepler) üçüncü yasasından birkaç sayfa önce söz ettiğimiz için, bunun ne demek olduğunu anlarsınız. Yörünge yüzde 1,3 genişse, bir turu tamamlamak yüzde 1,2 daha uzun sürecektir. Hesap makinesinde kare ve küp köklerle oynamayı seviyorsanız bunu kendiniz de doğrulayabilirsiniz ya da benim sözüme güveneceksiniz. Öyle ya da böyle, kati sayı önemli değil. Konu şu ki Kepler, Güneş'in etrafında dönerken, Yerküre'nin gerisine aşama aşama düşmektedir. Bunun avantajı bu teleskobun, Yerküre sürekli önüne çıkmadan –Yerküre etrafında dönüyor olsaydı durum böyle olurdu– gökyüzünün bütünüyle kesintisiz bir manzarasını elde etmesidir. Kepler'in Güneş etrafında kendi özel yörüngesinde olmasının başka bir sonucu daha var. Yerküre'de bulunan dev bir teleskobun Kuzey Kutbu'ndaki bir yere dönük olduğunu hayal edin. Muhtemelen bildiğiniz üzere Kuzey Kutbu uzayda hep aynı yönü, Ursa Minor (Küçük Ayı) takımyıldızındaki Polaris –diğer adıyla Pole Star– yıldızını gösterir. Kepler'de de aynı durum söz konusuydu. Teleskop sürekli gökyüzünün aynı bölümüne çevrili ve bu vakada burası Cygnus (Kuğu Takımyıldızı) ve Lyra'dır (Çalgı Takımyıldızı). Bu da demektir ki, bu yöndeki 3000 ışık yılı ve daha fazla uzaklıktaki bütün yıldızlara –sıradan teleskoplarla görülebilenden çok daha uzağa– derinliğine bakabiliyordu.

Kepler ile Hubble gibi daha geleneksel bir teleskop arasında son bir fark daha bulunuyor. Geleneksel olanda farklı

görevler için donatılmış çok sayıda araç var: Örneğin, ona büyük ününü kazandıran yüksek çözünürlüklü olağanüstü fotoğraflama. Diğer yandan, Kepler'in yalnız tek bir amacı vardı: Ötegezegenleri tespit için yıldızsal ışık eğrilerini kaydetmek. Kepler, 2018'de emekliye ayrıldığında, sayısı yarım milyondan az olmayan yıldızın ışık eğrisini ölçmüştü.

Ancak bu henüz sürecin başlangıcıydı. Asıl zor iş, ötegezegenlerin karakteristik işaretlerini veri tarayarak aramaktı. İşin çoğunu bilgisayarlar yaptı ancak bir kısmı da Tabetha Boyajian'ın Gezegen Avcıları'na –4. Bölüm'de anlatıldığı üzere, Tabby's Star etrafındaki muhtemel bir uzaylı mega yapısını (ya da yüksek olasılık dev bir toz bulutunu) keşfeden bir vatandaş bilimi ekibi– havale edildi. Ev bilgisayarlarından ödünç zaman isteyen diğer vatandaş bilimi projesi SETI@home'un aksine, Planet Hunters sahiden de insan veri girişine gerek duyuyordu çünkü insanlar, ham verideki incelikli örüntüleri fark etmekte bilgisayarlardan daha başarılıdırlar.

Kepler emekli olduğunda tüm bu çabanın meyvesi en az 2800 ötegezegen oldu, bir o kadar "muhtemel" olan da, doğrulanmak için bekliyordu. Eğer isterseniz verilere kendiniz de göz atabilir ve herkesin gözünden kaçan bir gezegen bulup bulamayacağınızı görebilirsiniz çünkü NASA, Kasım 2018'de tüm veri setini halka açtı.*

Kepler, son yıllarda halkın hayal gücüne hitap etmeyi başaran nispeten az sayıdaki NASA görevinden biriydi. Elbette temel sebep, yabancı yeni dünyalar arayışındaki dokuz yıllık göreviydi fakat bana göre insanı cezbeden isminin de yardımı oldu. Yani demek istediğim "Kepler", "FRESIP" isminden çok daha iyi değil mi? Yine de pazarlama birimi işe dahil olmadan önce, özgün görev tasarımındaki isim, tam da FRESIP –*Frequency of Earth-Sized Inner Planets*'in–** () kısaltmasıydı.

---

* https://archive.stsci.edu/kepler/

** Yerküre Boyutundaki İç Gezegenlerin Frekansı. (Çev.)

Öte yandan, Kepler'in vârisi 2018'de yola çıktığında, bütün yolu en baştaki özgün kısaltma ismiyle kat etti: TESS, (*Transiting Exoplanet Survey Satellite*)*. TESS, FRESIP'e kıyasla daha yüksek hayal gücünü barındırsa da, Kepler kadar coşku uyandırıp uyandırmayacağı soru işareti olarak duruyor.

Aslında TESS görevi, taşıdığı potansiyelle Kepler'den daha heyecan vericidir. Ötegezegenleri tespit etmek için aynı transit yöntemi kullanıyor fakat aralarında bazı önemli farklar bulunuyor. Kepler, gökyüzünün aynı küçük bölümündeki yüz binlerce yıldıza baktı. Bu da demek oluyor ki, çoğu yıldız epey uzaktaydı. Oysa TESS, –Yerküre etrafındaki daha bilindik yörüngesinde– bütün gökyüzüne bakacak fakat asıl olarak yakındaki yıldızlara odaklanacak. En az Kepler'in bulduğu kadar ötegezegen bulması bekleniyor fakat bunların çoğu, galaktik dilde ifade edersek, arka bahçemizdekiler olacak. Hayat olan yaşanabilir bir dünyanın keşfi, 20 bin ışık yılı uzakta değil de, yalnızca 20 ışık yılı uzakta olursa daha da heyecanlı olacak.

Yaşamın İşaretleri

Bir önceki bölümde gördüğümüz gibi, Yerküre benzeri yaşamın ana gereklerinden ikisini –bir enerji kaynağı ve temel elementlerin stoğu– bulmak zor değil. Üçüncü önkoşul olan sıvı su ise başka çünkü sadece, kısmen dar sıcaklık aralıklarında var oluyor. Bu da bizi bir yıldızın etrafındaki "yaşanabilir alan" –buzu eritmek için yeterli ancak tamamen buharlaşmasına yetmeyecek ısı olan yörünge mesafeleri– fikrine götürüyor. Güneş'ten 150 milyon km uzaktaki Yerküre, elbette Güneş Sistemi'nin yaşanabilir alanında yer alıyor. Öte yandan, Güneş'e yüzde otuz yakın olan Venüs ve yüzde elli uzak olan Mars bu alanın dışında kalıyor.

---

* Transit Ötegezegen Tetkik Uydusu. (Çev.)

Bu durumun diğer G-tipi yıldızların etrafındaki gezegensel sistemlerde de benzeri olması beklenirken, daha soğuk K- ve M-tipi yıldızlarda ölçek daralır ve F-tipi yıldızlarda da genişler. Sonuncusunda dikkate alınması gereken bir başka faktör daha söz konusu. Daha önce, kırmızı cüce yıldızların daha düşük sıcaklıklarının, tayfın görünür bölümünün altında enerji –kızılötesi şeklinde– yaymaları demek olduğundan bahsedildi. Tam tersi de F-tipi yıldız için doğrudur. Daha sıcak olduğu için enerjisinin daha büyük bölümü görünür tayfın *üzerinde*, DNA bozucu ultraviyole bölümünde yayılır. "Bildiğimiz şekliyle yaşam" hakkında konuşuyor olduğumuz ikazını yine not düşerek, bu yayılım bize F-tipi yıldızların, daha soğuk yıldızlara göre daha az yaşam olasılıklı gezegenleri olduğu fikrini veriyor.*

Bizim Güneş'imiz bile tabii ki bir miktar UV üretir fakat bu ışınların en fenasından Yerküre'nin atmosferiyle korunuruz. Bir diğer korunduğumuz şey olan "uzay iklimi", benzer yıkıcı etkilere sahip ancak ultraviyoleden tamamen farklı bir fiziksel etkidir. Uzay iklimi özünde, Güneş tarafından yayılan yüklü parçacıkların hızlı hareket eden bir rüzgârıdır. Ondan sadece Yerküre'nin atmosferiyle değil, bu atmosferin partikülleri bize ulaşmadan yön değiştirten manyetik alanıyla da korunuyoruz. Bu tür rüzgârlar, manyetik bir alanı bulunmayan bir gezegen için kara haber demektir; bir de bu gezegen ana yıldızına, K- ve M-tipi yıldızlarda olduğu gibi yakınsa.

Bu noktaya kadar bu tartışma, yıldırıcı şekilde varsayımsaldır. *Eğer* bir ötegezegen yaşanabilir alandaysa ve *eğer* zararlı radyasyondan ve uzay ikliminden korunuyorsa, hayat barındırıyor olabilir ancak "eğerler" ve "olabilirler" idareten yeterlidir. Biz, belirli bir ötegezegende yaşayan organizmalar olup olmadığını kesinkes bilmek istiyoruz.

---

* F-tipi yıldızların daha kısa ömürlü olmaları olgusunun da bu noktada faydası yok.

Bu da bizi "biyogöstergeler" konusuna geri döndürüyor; yani birçok ışık yılı mesafeden tespit edebileceğimiz yaşam varlığı işaretlerine. En ümit verici yaklaşım, bir ötegezegenin atmosferinin analizidir, ki bu bağlamda biyogösterge kimyasallardan "biyoişaret" olarak bahsedilir. Yerküre'nin atmosferinin yüzde yirmi birini oluşturan oksijenin, esasen bakteriler ve bitkiler gibi canlıların atık ürünü olduğunu daha önce gördük. Belli başlı bakteriler tarafından –ineğin midesinde yaşayan ve çimeni hazmetmesine yardım eden tür de bunun içinde– üretilen bir başka atık gaz ise metandır. Ortalama bir mandıra ineği günde 500 litreye varan miktarda metan gazı çıkarabilir.

Metan, atmosferin minör –yüzde birlik küçük bir bölüm– bir bileşiği ancak esas mesele şu ki, metan biyolojik süreçlerle devamlı yenileniyor olmasa, atmosferde zerre kadar bulunmazdı. Kendi başına kalsaydı, karbondioksiti ve suyu oluşturmak için çabucak oksijenle bileşirdi. İşin aslı, oksijen bir dizi şeyle bileşmeyi sever; yani bir şekilde yenilenmeseydi, o da kısa sürede ortadan kaybolurdu. Prensipte, taze oksijen ve metan üretecek biyolojik olmayan süreçler de var ancak pek kuvvetle muhtemel değiller; bu sebeple de bu iki gaz bildiğimiz en iyi biyoişaretler olarak yerlerini koruyor.

Tek ihtiyacımız olan, bir ötegezegenin atmosferinin yapısını ölçecek bir metottur. Neyse ki bunu yapmanın ustalıklı bir yolu var ve ilk kez 2000 yılında ismi akıllara kazınan HD 209458 b gezegeniyle ilgili bir çalışmada –o zaman Princeton'daki İleri Araştırmalar Enstitüsü'nde, şimdiyse Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde süren– Sara Seager tarafından uygulamaya kondu. HD 209458 b gezegeni, bir G-tipi yıldızın yörüngesinde dönen, Yerküre'nin Güneş'ten uzaklığının yirmide biri uzaktaki bir başka "sıcak Jüpiter"dir. 51 Peg b'yi hatırlar gibi olduysanız, HD 209458'in aynı spektroskopi yöntemiyle keşfedildiğini öğrenince şaşırmazsınız ancak keşfin

akabinde bu gezegen, transit yöntemle de gözlendi. Doğrusu gezegenin yörüngesi çok küçük olduğu için transitler çok sık oluyor, ki bu iyi bir gelişme çünkü Seager'ın yönteminin kilit noktası da bu.

Gezegen yıldızın arkasındayken –teknik olarak "ikincil transit" olarak adlandırılır–görüş açımızın tamamen dışındadır. Böylece yıldızın tayfında gördüğümüz tek şey, yıldızın kimyasal özyapısının karakteristiği olan salım ve emilim çizgileridir. Öte tarafta gezegen yıldızın önünden geçerken –birincil transit– ise, gezegenin atmosferine işleyen yıldız ışığı nedeniyle ilave emilim çizgileri görürüz. Gezegenin spektral işaretini almak için Seager'ın yapması gereken tek şey, ikincil transit tayfını, ilk transitten çıkarmaktı.

Bu, başlı başına bilimin büyüleyici bir eseriydi ancak astrobiyolojik koşullarda pek kullanımı olmuyor çünkü HD 209458 B gibi sıcak bir Jüpiter –yüzey sıcaklığı bin derecenin üzerinde– "bildiğimiz şekliyle yaşam" bulmayı umacağımız son yerdir. Gerçekten ilginç olansa aynı tekniğin daha küçük ve ana yıldızlarının yaşanabilir bölgesindeki Yerküre benzeri ötegezegenlere uygulanacak olmasıdır. Buradaki sorun ise bunu şu an yapacak hassaslıkta bir aygıtın bulunmamasıdır.

Neyse ki üzerinde çalışılan bir aygıt var. İsmi James Webb Uzay Teleskobu (JWST)* ve kendisi Hubble'ın vârisi. Şu an yapımının ileri aşamalarında olan ve 2021'de gönderilmesi planlanan JWST, saygıdeğer selefine göre çok daha gelişmiş olmalı. Örnekse, 6,5 m çapındaki ana aynasıyla Hubble'ın 2,4 m'lik çapına göre çok daha büyük olacak. Bu yeni teleskop Yerküre'den de çok uzakta –1,5 milyon km ötede– olacak, ki bu da gökyüzünün çok daha net bir görüntüsünü verecek. Açıkçası, Yerküre'nin yörüngesinde ya da Kepler gibi

* (İng.) James Webb Space Telescope. (Çev.)

Güneş'in yörüngesinde olmayacak fakat ikisinin kesiştiği yerde, Güneş'in ve Yerküre'nin çekim güçlerinin birbirlerini feshettikleri, Lagrangian noktaları denen bir tür yolağzında olacak.

JWST'de işlerin süt liman olmadığını söylemek yanlış olmaz ve henüz gönderilmeden durum bu şekilde. Yüzyıl başlarında tasarımı yapıldığından beri proje pek çok kez ertelendi ve fazlaca harcamaya neden oldu. İkinci söylediğim mesele, özellikle tartışma konusu çünkü NASA'nın astronomiye ayrılan bütün bütçesini kuruttular. 2010'da *Nature* dergisi, *Astronomiyi Tüketen Teleskop* başlıklı bir makale yayımladı. Yazıda, aracın gönderilişinin 2014 yılı için planladığı yazıyordu: Oysaki en az yedi yıllık gecikmeyle iyimser bir tarihmiş.

JWST nihayetinde uzaya gittiğinde, pek çok proje için kullanılacak fakat içlerinde en önemlisi Sara Seager ve araştırma ekibi tarafından planlanıyor. JWST'yi, TESS görevince –JWST uzaya gittiği sıralarda TESS görevi de bitiyor olacak– tespit edilen ötegezegenlerin en ümit vaat edici şekilde yaşanabilir ve görünenlerinin atmosferlerini analiz etmek için kullanacaklar.

Seager'ın başarı şansı nedir? Frank Drake, SETI sinyallerini dinlemeye başladığında herkesin sorduğu soruya oldukça benziyor. Drake soruya cevaben Drake denklemiyle gelmişti. Seager soruna aynı açıdan yaklaştı ve şimdi "Seager Denklemi" olarak bilinen benzer formülü oluşturdu. Farklı bir soruya gönderme yapmak için, Drake denkleminin aynı mantığını kullanıyordu: Atmosferlerinde biyoişaret kimyasalları olan kaç gezegen, JWST/TESS teleskoplarının –teleskopların gözlemsel parametreleri dikkate alınarak– birlikteliğiyle tespit edilebilirdi? Bütün gerekli sayılar öğütüldükten sonra sorunun cevabı, "en azından bir"di. Tabii ki bu, Frank Drake'in söylediği ancak Seager'ın sorunu bundan daha yalın. Öyleyse bu defa doğru cevabın zamanının geldiğini umalım.

Başka Dünyalar?

Bu kitabı yazarken (2019'un ortaları gibi), dört binden fazla ötegezegen bulunmuştu; bunlardan üçte ikisini de tek başına Kepler buldu. Bu, uzun bir liste ve odağımızı yaşanabilir alandaki Yerküre benzeri gezegenlere çevirmek istiyorsak kapsamının daraltılması gerekir. Porto Riko Üniversitesi bunu yapalı fazla zaman olmadı ve rekabet halindeki elli umut vaat eden gezegeni, "Yaşanabilir Ötegezegenler Kataloğu" ismiyle, çevrimiçi mecrada yayımladı.

İçlerinden birinin yörüngesinde dolaşan yıldızlardan biriyle daha önce karşılaştık: Frank Drake'in orijinal SETI çalışmasının hedeflerinden biri olan, yakınlardaki G-tipi yıldız Tau Ceti. Şu anda en az beş gezegeni var ve bir tanesi, Tau Ceti e, yıldızın yaşanabilir alanında. Bu gezegenin boyutu Yerküre'yle benzer ve daha kısa bir mesafede yörüngede. Böylelikle de Tau Ceti'nin Güneş'in yarısı parlaklığında olması olgusunu da denkleştiriyor. 12 ışık yılı mesafesindeki Tau Ceti e, Yerküre'nin en yakın komşusu olabilir.*

Üstelik bu kategoride birkaç yarışmacı daha var. Onlar daha da tartışmalı çünkü G-tipi yıldıza ve hatta K-tipi yıldıza da değil, daha sönük olan M-tipi –diğer adıyla kırmızı cüce– yıldızlara bağlılar. Konuştuklarımızdan iki tanesiyle zaten karşılaştık: Güneş'e en yakın diğer yıldız Proxima Centauri ve en yakın dördüncü olan Barnard's Star. Bu yakınlıklarına –sırayla 4 ve 6 ışık yılı– karşın, iki yıldız da o kadar soluk ki çıplak gözle görülebilir değiller. Bu durum onların yaşanabilir alanı olmasını engellemiyor ancak bu alanın ana yıldıza, Yerküre'nin Güneş'e mesafesine kıyasla daha yakında konumlandığı anlamına geliyor.

---

* Drake'in hedefindeki diğer yıldız, yine yakındaki Epsilon Eridani ve o da Yerküre boyunda. Buna karşın, yaşanabilir olmak için çok fazla uzakta –her şeyden önce K-tipi bir yıldız olması dolayısıyla– kalıyor.

Kırmızı cüce yıldızların yörüngesinde varlık gösteren yaşanabilir gezegenler olasılığı, birkaç sebeple merak uyandırıcıdır. İlki, bu yıldızların galaksideki ana sekans yıldızlarının dörtte üçünden fazlasını teşkil etmeleriyle oldukça bilindik olmalarıdır. İkincisi –ve daha önemlisi de– M-tipi yıldızların inanılmaz derecede uzun ömürlerinin olması; ortalama olarak, Güneş'ten önemli ölçüde fazla yaş alacakları anlamına gelmesidir. Epey zaman buralarda olmaları da, yörüngelerindeki her bir elverişli gezegendeki yaşamın, gelişmiş –ve yüksek olasılıkla zeki– formlara doğru evrimleşmek için daha fazla zamanı olması anlamına geliyor.

Yine de sorunlar var. M-tipi yıldızlar diğerlerinden daha soğuk olduğu için, enerjilerinin büyük kısmı görünür dalga boylarıyla değil, kızılötesiyle yayılır. Bu ise fotosentezi, karasal bitkilerin güneşten enerji özütü çıkarma süreçlerini –bütünüyle imkânsızlaştırmasa da– çok daha zorlaştırır.

Diğer sorunlar da basitçe, gezegenin yıldıza çok yakın konumlanma mecburiyetinden doğar. Örnekse, uzay havasının etkileri, kısalmış günler ve gecelerde daha keskin olur. Gözlemler, gezegen çok kuvvetli bir manyetik alanla korunmadığı takdirde, yüksek enerji partiküllerinin sürekli akışının, gezegenin atmosferini söküp atabileceğini akla getirir, ki bu da söylemeye bile gerek yok, orada evrimleşmeye çalışan her yaşam formu için haberlerin iyi olmadığı anlamına gelir.

Kısa mesafelerde güçlenen diğer bir etkiyse, gelgit etkisidir: Gezegenin zıt yönlerindeki değişken çekim kuvveti. Örneğin, Yerküre'de, Ay'ın gelgit çekimi Güneş'ten daha fazladır. Üstelik Güneş çok daha büyük olduğu halde bu böyledir. Sebebi, Ay'ın bize çok daha yakın olmasıdır. Ay da Yerküre kaynaklı bir gelgit çekimi hisseder ve Yerküre daha büyük olduğu için, çekimi de daha kuvvetlidir. Yerküre'nin gelgit gücü zamanla, Ay'ın dönme eksenini, bize her zaman aynı yüzünün dönük olacağı biçimde yavaşlatır. "Gelgit kilitlen-

mesi" olarak adlandırılan bu olgunun, kırmızı cüce yıldızların yörüngesindeki yakın gezegenlerin bazılarında da oluşması beklenir. Bu da yıldıza dönük olmayan tarafın devamlı soğuk ve karanlık olacağı anlamına gelir ancak bu, yüzü yıldıza dönük olan taraftaki yaşanabilirliği mutlaka etkileyecek demek değildir.

Gelgit kuvvetlerinin başka bir etkisiyle daha önceki bölümde karşılaşmıştık. Jüpiter'in gelgit kuvvetinin, Europa gibi içteki uydularda bir ısıtma etkisi üretebileceğinin düşünüldüğünü hatırladınız mı? Bu etki, kaskatı donmuş bir yeri, potansiyel yaşanabilir hale çevirmek için yeterli olabilir. Bir kırmızı cüce yıldız yörüngesindeki gezegenden bahsediliyorsa aynı etki, yıldızın kendisinden yayılan ısıya ilave bir ısı kaynağı etkisi sağlayabilir. Bunun dikkate alınması yaşanabilir alanı, yıldızdan daha uzak bir mesafeye taşıyabilir.

Şimdi, komşumuz olan iki kırmızı cüce yıldıza dönelim ve daha detaylı inceleyelim. 2016'da spektroskopi metoduyla keşfedilen Proxima Centauri gezegeniyle başlayalım. İlk bakışta epey umut vaat edici. Yaşanabilir Ötegezegenler Kataloğu'nda yer alıyor çünkü Yerküre'yle boyutları benzer ve yıldızdan uygun bir mesafeyle bakılınca yüzeyinde sıvı su varmış gibi görünüyor fakat ciddi bir sorunla karşı karşıya. Işık ve ısıyı sabit bir oranla yayan Güneş'ten farklı olarak, Proxima Centauri değişken yıldız sınıfındandır. Birkaç ayda bir ışınları bazen normal seviyesinin katbekat üstüne çıkıyor ve birkaç dakika içinde tekrar sönükleşiyor. Güneş'imiz böyle bir şeyi, sadece bir kez bile yapsaydı, ani radyasyon infilakı en basit yaşam formlarının dışındaki tüm Yerküre yaşamını bitirirdi.

Geleceği pek parlak değil; bu yüzden dikkatimizi yakındaki diğer kırmızı cüce yıldız Barnard's Star'a çevirelim. Piet van de Kamp'ın 1963'te yörüngesinde bir ötegezegen keşfettiğini iddia ettiği ve diğer astronomların bunun sadece bir ay-

gıt hatası olduğunu söyledikleri yıldız işte buydu ve 2018'de aynı yerde bir ötegezegen en sonunda keşfedildi ve kaçınılmaz olarak, biraz acemice olsa da ismi Barnard's Star b oldu. Gezegenin boyutları Yerküre'yle benzer ancak yörüngesi yıldızın yaşanabilir alanının biraz dışında. İlk bakışta buz katısı görünse de, Europa tarzı gelgit ısınmasına maruz kalma olasılığı, hayata ev sahipliği yapabileceğini düşündürüyor.

Bu iki yakın mesafedekilerin dışında, kırmızı cüceler etrafında dönen umut vaat edici birkaç ötegezegen daha bulundu. Hepsini listeleyip sizi bunaltmayacağım ancak üç tanesi kesinlikle bahsedilmeyi hak ediyor çünkü hepsi de aynı yıldızın yörüngesinde.

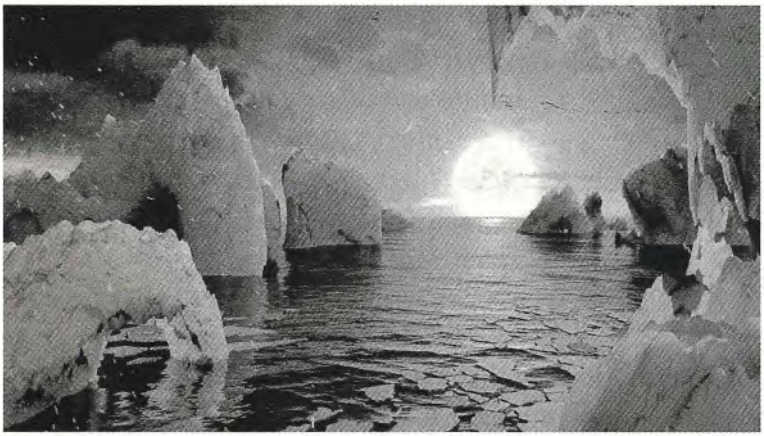
Söz konusu yıldız, meşhur TRAPPIST-1: Adı böyle çünkü *Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope*)* ya da kısaca TRAPPIST tarafından keşfedildi. Teleskop, Şili'de fakat Belçikalı bir astronom ekibince çalıştırılıyor. Belçika bugün pek çok özelliğiyle meşhur ancak en önemlisi** Trappist manastırlarında yapılan biradır. Bu, olağanüstü bir rastlantı çünkü "Transit Gezegenlerin ve Gezegenimsi Yapıların Küçük Teleskobu" isminin, onu çalıştıranların içki alışkanlıklarından etkilenmiş olamayacak denli uydurmadan uzak olduğu oldukça bariz.

TRAPPIST-1, Jüpiter'den sadece yüzde yirmi oranında büyük yarıçapıyla, kırmızı cüce yıldız standartlarında bile ufak kalan bir yıldızdır ancak Jüpiter'den daha yoğun ve kendi ışığıyla –Güneş'ten iki bin kat daha düşük olsa da– parıldıyor. Küçük boyutlarına rağmen TRAPPIST-1 en az yedi üyesi olan bir korteje sahip ve bunların en az üçü –e, f ve g– yaşanabilir alanında bulunuyor. Bunların yaşanabilir olup olmadıkları da başka bir mesele çünkü yıldız bilip tanıdığımız yıldızlardan bütünüyle farklı. Gerçek şu ki, TRAPPIST-1 yıldızının geze-

---

* Transit Gezegenlerin ve Gezegenimsi Yapıların Küçük Teleskobu. (Çev.)

** Evet, bu öznel bir düşünce.



TRAPPIST-1f manzarasının az miktarda bilgiye dayanarak çizilmiş hayal ürünü bir görseli.
(NASA görseli)

genleriyle ilgili elimizdeki faydalı olgular ve rakamlardan –çap, yörüngesel uzaklık ve kütleler– çok daha fazlasını bulmamız gerekiyor.

Bu bilgi kıtlığı bilim insanları için yıldırıcı olabilse de, ressamlara set çekmediği kesin; öyle ki TRAPPIST-1'in sisteminin nasıl "görünebileceğiyle" ilgili mükemmel görseller hızlıca meydana çıktı. Robert Hurt ve Tim Pyle'ın resmi NASA için yapıldı ve TRAPPIST-1f'nin bir manzarasını betimliyor; kırmızı soluk güneş ufukta batarken, komşu gezegenlerinden ikisi gökyüzünde belli belirsiz görünüyor.

TRAPPIST-1f'nin bu çarpıcı günbatımı manzarasını izleyecek herhangi bir yaşam formu olup olmadığını henüz bilmiyoruz. Gerçek şu ki, son on yıllar boyunca binlerce ötegezegen keşfettiğimiz halde, henüz hiçbirinde kesin bir yaşam kanıtı bulmuş değiliz. Bulduğumuz zaman –ve "bulursak" değil, "bulduğumuz zaman" olduğuna gerçekten eminim– ne yapacağımıza bir sonraki bölümde bakacağız.

İLK TEMAS

7

Dünya dışı yaşamın varlığıyla ilgili spekülasyonların tarihi –çoğunluğu bilimsel olarak ses getiren iddialara dayanıyor– yüzlerce yıl geriye gitse de, gerçek astrobiyoloji bilimi yalnızca altmış yıl önce başladı. "Gerçek bilim" derken, aranan göstergelerle ilgili belirli teorik tahminleri –örneğin Dyson kürelerinin kızılötesi göstergeleri ya da radyo astronomlarının favori frekansı olan 1420 MHz'deki yapay görünen sinyaller gibi– ve peşi sıra gelen yöntemsel araştırmaları kastediyorum. Ayrıca bu, üzerine çalıştığını söylediği konunun varlığına dair sağlam deliller altmış yıl sonra bile hâlâ yokken, ciddi bilim olarak adlandırılabilir mi?

Aslında geçmişte örnekleri mevcut. Örneğin, Higgs bozonu ilkin 1964'te postulat kabul edildi ve çok geçmeden de parçacık fiziğinin standart modelinin bir bölümü oldu. Oysa 2012'ye kadar henüz keşfedilmemişti. Einstein'ın 1916'da yaptığı kütle çekim dalgaları tahminiyle, dalgaların 2016'daki olası tespiti arasında daha da uzun –bir yüzyıl– bir gecikme var ancak ikisi de fizik camiasının dünya görüşünde kabul gördü, ki birçok bilim insanı bu keşfin eninde sonunda yapılacağına bu nedenle güven duydu.

Dünya dışı yaşamın varlığı da neredeyse –fakat bütünüyle değil– aynı kategoridedir. Doğa yasalarının tamamen kaçınılmaz sonucu olmasa da, ona yakındır. Yerküre'deki yaşamın, benzer gezegenlerde de tekrarlanmış olması lazım gelen sü-

reçlerin bir sonucu olduğunu düşünüyoruz ve Yerküre'nin ya da Güneş Sistemi'nin bir biçimde biricik ya da özel olduğuna dair mutlak bir kanıt yoktur. Bu akıl yürütme gereğince, dünya dışı yaşamın keşfi –tıpkı Higgs bozonu ve kütle çekim dalgaları gibi– yalnızca bir zaman meselesidir.

Yıllar boyunca insanoğlunu boşuna ümitlendiren izler görüldü. Daha önce gördüğümüz gibi, NASA'nın Viking uzay aracı 1976'da Mars toprağından bir parça aldığında, yaşam kanıtı bulmak için tasarlanan üç testten biri pozitif sonuç verdi ancak ikisi öyle olmadı. Geçmiş tecrübelerden edindikleri bilgiler doğrultusunda bilim insanları bu pozitif sonuç için biyolojik olmayan makul açıklamalar getirmekteler. Viking'ten bir yıl sonraki Wow sinyali, yıldızlararası radyo sinyalinden beklenen bütün karakteristiklere sahipti ancak umutları yok edercesine kısaydı ve bir daha tekrarı olmadı.

Hemen 1996'ya gelelim. NASA bilim insanları uzaylı yaşamının –Mars göktaşında fosil şeklinde bulunduğu varsayılan– keşfinin duyurusunu yapmaya hiç bu kadar yakın olmamışlardı ancak bu duyuru diğer bilim insanlarınca iyi karşılanmadı ve hızla, NASA ekibinin ileri sürdüğü çeşitli kanıtlara yönelik çok sayıda alternatif açıklama getirdiler.

Yine de daha yakın zamanda, 2015'te, Tabby's Star'ın ışık eğrisindeki sapmanın keşfi, bir uzaylı mega yapısının varlığı için bir anlık umut ışığı yaktıysa da, sırf bir toz bulutu olması bugün daha yüksek olasılık dahilinde. Ayrıca 2017'de, yıldızlararası gidişatında Güneş Sistemi'nden geçen ve kadim bir uzaylı gemisi sondası olma olasılığı –evet yalnızca olasılığı– bulunan 'Oumuamua adı verilen gizemli nesne bulundu.

Tüm bu vakalar o zamanlarda bir heyecan dalgası yarattıysa da, genel bilimsel uzlaşma, dünya dışı yaşam hipotezini gerektirmeyen daha beylik bir açıklama bulunduğu fikrindeydi ancak bu, uzlaşmanın ille de doğru olacağı anlamına gelmiyor ve "yaşam" hipotezi harici bir olasılık olarak kalır.

Tek örnek özelinde –'Oumuamua– düşünürsek, gerçek cevabı asla bilemeyiz çünkü onu bir daha görmeyeceğiz fakat diğerlerinde işlerin gidişatını değiştirebilecek başka veriler elde etme olasılığı söz konusu.

Mars'taki yaşam –bugünkü ya da daha önceki– konusunda ise, Viking döneminin ötesine geçecek ilk ciddi girişimler, NASA ve ESA'nın 2021 yılında göndereceği, astrobiyolojik yetki alanları olan iki uzay aracının inişi olacak. Bundan kısa süre sonra da, NASA uzay aracı Europa Clipper ve ESA uzay aracı JUICE, Jüpiter'in aylarında yaşam aramak üzere fırlatılacak. Hayat barındırma olasılıklı daha uzak dünyalara gelince, TESS uzay teleskobu ötegezegenler arayışına devam ediyor ve bunların en umut vaat edici olanı, atmosferik biyogöstergeler aranması için James Webb Uzay Teleskobu'na aktarılacak.

Bu görevlerin tamamı, uzaylı yaşamının nispeten alt-uç göstergelerini arıyorlar. Terazinin diğer ucundaki, Wow sinyalini bulan SETI araştırmalarıysa, bugün daha güçlü radyo teleskoplarıyla göreve devam ediyor. Burada dikkate değer bir not düşersek, Yuri Milnet tarafından finanse edilen multimilyonluk "Breakthrough Listen" projesi, geçmiş araştırmalara göre SETI aktivitelerine çok daha fazla vakit ayırabilecek durumda. Yine bugün Tabby's Star'ın keşfi, teknogöstergenin bir diğer çeşidine olan ilgiyi artırdı. Astronomlar, bir uzaylı mega yapısının varlığına işaret edebilecek başka çekim sapmalarını, yıldızsal ışık eğrileri yoluyla araştırmaya başladılar.

Evren tasvirimizde çok önemli bir yanlışlık yoksa dünya dışı yaşamın kanıtına nihayet ulaşmamız an meselesi diyebiliriz. Bilimkurgunun sayesinde o "ilk bağlantının" anlamına dair berrak bir zihinsel imgemiz mevcut. Sansasyonel bir basın konferansı olacak, su götürmez kanıt sunulacak, insanlar caddelerde sevinç çığlıkları atarak dans edecek ve Yerküre asla eskisi gibi bir yer olmayacak. Maalesef gerçekliğin bun-

dan çok daha mütevazı olması muhtemeldir. Nedenini anlamak için birkaç senaryoya göz gezdirelim.

Olası Gelecekler

Gelecek on-yirmi yıl içerisinde yapılması mümkün astrobiyoloji keşiflerini düşündüğümüzde en olası olan, bir ötegezegenin atmosferindeki biyoişaretlerin keşfidir. Gerçek şu ki, bugünkü beklentiler düşünüldüğünde bu çok da muhtemeldir: Sara Seager'ın Drake denklemi biyogösterge sürümünde gösterdiği gibi fakat akabinde tüm gece süren, çarpıcı haber yayınları olmayacak. Bilim insanları son derece temkinliler ve veriyi analiz ederek yorumlamaya, "yanlış pozitif" sonuç vermesi muhtemel diğer tüm işlemleri araştıracaklar. Bilim ekibi, bir ötegezegendeki yaşamın –diyelim ki atmosferinde bulunan oksijenin ve metanın varlığına dayanan– "keşfini" duyurduktan sonra bile, verinin biyolojik olmayan anlamlandırmalarını tasarlayarak şeytanın avukatlığını yapacak çok sayıda bilim insanı olacak.

Ayrıca bir çeşit uzaylı yaşam formunun kanıtının –mikroskobik olacağı neredeyse kesin olan– Yerküre'ye yakın bir yerde, diyelim ki Mars ya da Europa'da bulunma olasılığı yüksek görünüyor fakat bu, sinema seyircisinin beklentiye sokulduğu üzere o yer yerinden oynatan anonslarla değil de, muhtemelen aşamalı bir farkındalık ve kabullenme formunda gerçekleşecek. Yine de, son kertede daha az muğlak olması mümkün çünkü başka araçlarla, devam niteliğinde gözlemler yapmak daha kolay olacaktır. Biyolojik aktivitenin çoklu bağımsız göstergeleri, tek parça bir kanıta göre daha ikna edici olacak.

Bu olasılıklar ne kadar enteresan olursa olsun dünyayı değiştirmez çünkü eninde sonunda, bilim insanlarının halihazırda inandıklarının basitçe bir doğrulayıcısıdırlar. Elbette

bilimsel keşiflerle ilgili olarak eşine az rastlanır şekilde üst manşetlere çıkarlar ve bu manşetler hemen hemen kesinlikle bir "devrimden" söz ederler ancak bu şekilde ifade etmek, sözcüğü hor kullanmak olur çünkü gerçek bir devrim, dünyaya bakış açımızı değiştirmeyi kapsar. Europa'da mikropları ya da bir öteg ezegenin atmosferinde biyoişaretleri bulmak bunu yapmaz. Higgs bozonu ve kütle çekim dalgalarında olduğu gibi, zaten düşünülmekte olan şeyleri basitçe doğrular. Birkaç ay içinde de çoğu insan –bilim insanı ve bilim insanı olmayanlar farkı olmaksızın– dünya dışı yaşamla ilgili bir şüphe olup olmadığı meselesini unutup gitmiş olacak.

Bu ilk keşif –hangi biçimde olursa olsun– astrobiyologlara olağanüstü bir destek sunacak. Astrobiyologların branşının "gerçek" bir bilim olmadığına dair uzun soluklu şüpheleri ortadan kaldıracak ve gelecekte daha fazla sayıda ve daha çok sermayeli araştırmaları tereddütsüz teşvik edecek. Kamuoyuna gelirsek de, kendilerini biraz kandırılmış hissedeceklerini düşünmeden duramıyorum. Gazeteciler –en sansasyonel olanı bile– astrobiyolojinin esasen, yaşamın çok ilkel formlarıyla ilgilendiğini satır aralarında netleştirseler de, bu mesajın akıllarda yeterince yer edeceğinden şüpheliyim. Bilim eğitimini gişe rekorları kıran imtiyazlı filmlerden ya da –UFO internet sitelerinden– alan kişilerin, bakterilerin uzaylı dengi olan bu keşiften büyük heyecan duymaları pek olası değil.

Çoğu insan –itiraf edeyim ki ben de onlardan biriyim– tek başına uzaylı yaşamının kanıtını değil, *zeki* uzaylı yaşamının kanıtını umut ediyor. Bilimkurgulardaki tüm o dünyayı değiştiren basın toplantısı ve sokaklardaki dans klişeleri bununla ilgili. Bu zeki uzaylı yaşamının keşfi, mikroskobik yaşam keşfinden daha az olasıdır. Nedeni çok bariz ve daha çok doğası gereği bu şekilde, öyle ki galakside ileri seviyede evrimleşen zekâdan çok daha fazla ilkel hayat olmalıdır ancak göreceli olasılık bu kadar dolambaçsız değil çünkü zeki

uzaylıların işaretleri –radyo sinyalleri, uzay gemisi sürüşü ya da mega yapılar gibi– daha büyük mesafelerde daha ilkel biyogöstergelere göre daha tespit edilebilir olacaktır.

Bu, Manasvi Lingam ve Avi Loeb –evet hızlı radyo artımlarını açıklamak için "uzay gemisi sürüşü" teorisini ortaya atan, Harvard Üniversitesi'nden aynı astrofizikçiler– tarafından 2018'de bir makalede irdelenen bir sorun. 4. Bölüm'de saptadığımız üzere, onlar sadece bir gizem baş gösterdiğinde "uzaylılar" diye bağıran acayip tipler değiller. Örneğin, bu makalelerinde biyogöstergeleri ve teknogöstergeleri tespit etmenin göreceli olasılığını ölçmek için, –Drake ve Seager denklemlerinin genelleştirilmiş sürümlerini temel alan– titiz bilimsel mantık kullanıyorlar. Tabii ki vardıkları sonuç kesin değil ancak meseleyi en geniş kapsamıyla, teknogöstergeleri tespit etmenin, biyogöstergeleri tespit etmekten yüz kat daha az olası olduğunu söyleyerek sonuçlandırıyorlar. Bu da aramızdaki SETI fanatiklerinin ödevinin, mikrop arayanlardan daha zor olduğu anlamına geliyor; yine de imkânsız değil.

Maalesef bir pozitif sonuç çıktığında bile bu, hayal edildiği gibi dünyayı yerinden oynatacak bir olay olmayabilir. Düşünelim. Astronomların, bir Dyson küresinden ya da bir başka mega yapıdan beklenenle tam olarak aynı bir ışık eğrisine sahip bir yıldız keşfettiklerini varsayalım ve bu başka hipotezlerle kolayca açıklanamaz olsun. Evet, çok yüksek olasılıkla uzaylılara işaret eder ancak bu, koşulsuz bir kanıt değildir. Aynı şey, hiçbir astrofiziksel süreçle uyuşmayan gizemli bir enerji patlaması için de geçerli ancak bu belki de yıldızlararası bir uzay sürüşünün işaretidir. Heyecan verici fakat umut kırıcı şekilde sonuçsuz* olur ve kuşkusuz, alternatif doğal açıklamalar yaparak esas gerçekleri ortaya dökenler de bulunurdu.

---

* Elbette ikisinin birden –mega yapısal ışık eğrisi ve gizemli enerji patlaması– aynı yıldız sisteminden gelmediği durumda. Böyle olduğunda çok daha ikna edicidir.

Öte yandan, formatlı bir mesaj daha az muğlak olurdu. Mesajı deşifre edemesek bile, yapay bir mesajı doğal olandan ayırt etmek o kadar da zor olmazdı. Bu da bizi, Frank Drake'in orijinal SETI araştırmalarına ve günümüzdeki –şimdi radyo mesajlarının yanı sıra modüle lazer sinyalleri de aramakta olan– örnekleri dolayısıyla astrobiyolojinin başladığı yere geri götürüyor. Uzaylı bilgisini tespit edeceğimiz en olası yol, şayet mesele büyük bir belirsizlik bulutuyla kaplanmayacaksa, hâlâ budur. Her halükârda insanlar, bu olursa ve olduğu zaman ne olacağı konusuna büyük olasılıkla ciddi kafa yormaktalar.

1989'da, Uluslararası Astronotik Akademisi bu gibi düşünceleri, "Dünya Dışı Zekânın Tespiti Sonrasındaki Faaliyetler İçin İlkeler Bildirgesi"nde sistemli halde sundu. Yasal yetkiye sahip bir evrak olmasa da, Uluslararası Astronomi Birliği ve SETI Enstitüsü'nün da aralarında olduğu birkaç organizasyondan tasdik aldı. SETI Enstitüsü'nün internet sitesinde Seth Shostak bildirgeyi aşağıdaki gibi özetliyor:

> Bu iki sayfalık metnin gerçekten de üç önemli öğesi var. İlki olan uzaylı yaşamı, tekrar eden gözlemlerle dikkatle teyit edilmeli. İkincisi, bu keşif yayımlanmalı. Üçüncüsü de, uluslararası fikir birliği sağlanmadan cevap gönderilmemeli.

Buradan olayların; (1) doğrulama, (2) yayımlama, (3) olası cevaplar üzerine fikir birliğine uyma sırasını izleyeceği sonucu çıkıyor. Basit gibi görünse de uygulamada imkânsız diyebiliriz. İlk keşfi yapan ekip bunu kendi başına doğrulayamaz –üçüncü şahısların desteğini istemek durumundalar (bilimde "doğrulama" budur)– ve keşfi kamuya açıklamadan bu desteği alamazlar. Fiili süreç, astronomların her yaptığı keşiften sonraki standart süreçten –ki olabildiğince çok sayıda astronomik kaynağı olabildiğince kısa sürede sürece dahil etmeyi

kapsar– farklı olmaz. SETI Enstitüsü kurucusu Jill Tarter'ın söylediği gibi:

> Herkesin bunu hemen gözden geçirmesini isteyeceğiz. İnsanların farklı aygıtlarla, farklı frekansları kontrol edip ne olduğunu anlamaya çalışarak sinyalin geldiği yöne bakmalarını bekleyeceğiz.

Haberler bir kere kamu malı oldu mu, bildirgenin üçüncü tarafını, uluslararası fikir birliği olmadan bir cevap göndermeme konusunda zorlamak, yine aynı şekilde imkânsız olurdu. Cevap göndermeme tavsiyesi akla uygun çünkü mesaj ne kadar zararsız görünürse görünsün, ardında ne tür niyetler yattığı hakkında fikrimiz yok. Demek istediğim şu, oynamadığınız piyangoyu kazandığınızı söyleyen bir e-postaya cevap vermezdiniz: İşte aynı mantıkla, bize evrenin sırlarını anlatmayı teklif eden yıldızlararası bir mesaja da cevap vermemeliyiz ancak gezegende 8 milyar insan yaşıyor ve sinyalin kaynağı ve frekansı kamuya açıklandığında, en az bir kişinin cevap vermeyi deneyeceğine emin olabilirsiniz. Tek gereken, büyük bir radyo çanağı ve biraz teknik bilgi birikimdir.

Tüm bu olası senaryolar içinde, bir uzaylı mesajının alınması, bilimkurgunun "dünyayı değiştiren bir olay" vizyonuna en yakın duranıdır. İster cevap vermeyi ister vermemeyi seçelim –ya da mesajın kodunu çözelim ya da çözemeyelim–, bu mesajın bizzat kendisi galakside yalnız olmadığımızın kesin bir kanıtı olur. Diğer kabul gören teknogöstergelerin doğurduğu muğlaklık ve anlam belirsizliği olmaz ve sadece bazı ilkel –en temel biyogöstergelerde olduğu gibi–mikroorganizmalardan değil, zeki ve teknolojik kavrayışı olan türlerden geldiğinden emin oluruz.

Tamamen bilimsel bir açıdan baktığımızda, tıpkı yerçekimsel dalgalar ya da Higgs bozonu gibi, "herkesin beklentisini doğrulayan" bir şey olduğunu söyleyebiliriz. Daha geniş bir

bakış açısıyla bakarsak da, haberler daha bir önem kazanır. Daha laik olan Batı'da yaşanınca, dünya nüfusunun büyük bir bölümünün, dini ya da materyalist olmayan felsefelerle biçimlenen bilimsel olmayan bir dünya görüşüne sahip olduğunu unutmak kolaydır ve bilimsel olmayan dünya görüşüne sahip olanlar da, zeki uzaylıların keşfinden herkes kadar heyecan duyacaklardır.

Bazı çevrelerde, dünya dışı zekânın varlığının dini "yalanlayacağına" dair bir kavram hatası mevcut. Bunun özellikle belirgin bir örneği, Arthur C. Clarke'ın *Cennet Çeşmeleri* (1979) adlı kitabında bulunuyor. Olaylar dizisinin bir yerinde, Güneş Sistemi'nden geçmekte olan bir uzaylı keşif robotundan –ismi Starglider– akıllı radyo sinyalleri alınır. Roman karakterlerinden biri, "Starglider'ın bütün geleneksel dinleri bilfiil harap ettiğini" söyler ve Clarke da bizzat yazar anlatısıyla, "bu durumun, dindarlık taslayanların, açıkça aklını kullanan insanların yüzyıllardır kafasını bulandıran anlaşılmaz konuşmalarına bir nokta koyduğunu" ekler.

Clarke, evrenin özel olarak Yerküre'de yaşayan insanlar için yaratıldığını ileri süren o konforlu ortaçağ anlayışını temel alan dini inancın etkisi altında gibi görünüyor. 2. Bölüm'de gördüğümüz gibi bu, 17. yüzyıldan kalan, demode bir düşünce ve artık uzaylılar da dini dünya görüşüne coşkuyla dahil edilmiş durumda ancak herkes bunun farkında gibi görünmüyor. 2011'de yapılan bir araştırma, ateistlerin büyük bir çoğunluğunun, uzaylıların keşfinin dinin sonunu getireceğine inandıklarını gösterdi; halbuki dini inanca sahip kişiler bu keşfin bir fark oluşturmayacağını söylediler. 2015 yılında Vatikan gözlemevinin eski müdürü Papaz Jose Funes'un şu sözleri söylediği kayıtlara geçti: "Eğer başka bir gezegende zeki yaşam varsa, bunu Hıristiyan inancına tezat görmüyorum." Ve dünyadaki çoğu başka dinler de benzer görüşe sahipler.

Bu kitabı en uç bilimsel kurgu senaryosuna, insanlar ve dünya dışı varlıklar arasında yüz yüze iletişime değinmeden bitiremeyiz. Durumun ilk örneğinin betimlemesi *Uzay Yolu: İlk Temas* (1996) filminin final sahnesinden geliyor. Bekleyiş içindeki bir kalabalık, gelişmiş –ancak hayal edilemeyecek derecede gelişmiş değil– bir uzay gemisinin Yerküre'ye inişini korkuyla karışık saygıyla izlemektedir. Kapak yavaş yavaş açılır ve bir uzaylı-sivri kulakları dışında neredeyse insana benzer olan, dışarı adımını atar ve elini kaldırarak kusursuz İngilizcesiyle, "Live long and prosper," (Uzun ve başarılı bir ömür sür) der.

Lafı uzatmayalım, işler hiç böyle olmayacak. Uzaylı, insan gibi görünmeyecek çünkü bütünüyle farklı bir gezegendeki bütünüyle farklı bir evrim ağacının ürünü olacak. Buraya gelmek için hangi yöntemi kullanmış olursa olsunlar, uzay gemisi olarak bildiğimiz bir şey gerektirmeyecek. Sebebi de şu ki, aradaki uçsuz bucaksız mesafeler düşünüldüğünde, sadece buraya gelmiş olmaları bile, henüz bilmediğimiz fizik kurallarını kullanıyor oldukları anlamına gelir. Yine de dürüst olmak gerekirse, bir uzaylı uygarlığının buraya gelip bizi ziyaret etmesini sağlayan teknolojiye ve motivasyona sahip olma olasılığı, üzerine zar zor kafa yorulacak kadar düşük.

Fakat yine de bunu –özellikle motivasyon meselesini– bütünüyle varsayımsal bir sorunsal olarak düşünelim. Makul bir kesinlikle diyebiliriz ki, eğer uzaylılar onca yolu bizi ziyaret etmek için geldilerse, bunu yapmak için iyi bir sebepleri de olacaktır. Stephen Hawking'in korktuğu gibi, yönlerini bir başka gezegene çevirmeden önce Yerküre'nin kaynaklarını yağmalayacak yıldızlararası Kolomblar oldukları için mi? Yoksa sundukları tüm materyal, teknolojik ve entelektüel avantajlarla bizi galaktik bir federasyona davet edecek olan *Uzay Yolu*'ndaki Vulkanlara mı benziyorlar?

Elbette uzaylı ziyaretçileri Yerküre'ye gelmeye yönlendirenin ne olduğu hakkında fikrimiz olamaz. Kalplerinde bize karşı en iyi dilekleriyle geldiklerini düşünmek isterim ancak buna kendim de inanamıyorum. İnsan davranışları, nadiren türler arası özgecilikle güdülenir ve Yerküre'deki başka yaşam formlarına baktığımızda bu "nadiren", "asla" oluverir. Bu kural tüm galaksiye uygulanırsa, hem sözünü ettiğimiz sorunsal, varsayımsal olduğu için hem de bu "ilk temas" gerçekleştiğinde, birkaç ışık yılı mesafedeki güvenli noktada olacağı için müteşekkir olabiliriz.

DAHA AYRINTILI BİLGİ İÇİN...

Bölüm 1

— Ben Miller, *The Aliens Are Coming* (Sphere, 2017)

— Andrew May, *Pseudoscience and Science Fiction* (Springer, 2017)

— Sean Martin, 'Aliens on Europa: NASA Hunts for Life Just 1 cm under Surface of Jupiter's Moon' (https://www.express.co.uk/news/science/993543/aliens-discovery-europa-jupiter-moon-nasa-news-extraterrestrial-space)

Bölüm 2

— Jim Al-Khalili (ed.), *Aliens* (Profile Books, 2016)

— Jack Cohen & Ian Stewart, *What Does a Martian Look Like?* (Ebury Press, 2004)

— Michael J. Crowe, 'A History of the Extraterrestrial Life Debate', *Zygon*, June 1996

— Seth Shostak & Susan Schneider, 'Goodbye, Little Green Men' (https://www.seti.org/seti-institute/news/goodbye-little-green-men-0)

Bölüm 3

— Paul Murdin, *Are We Being Watched?* (Thames & Hudson, 2013)

— Seth Shostak, 'Was it ET on the line?' (https://www.seti.org/was-it-et-line-or-just-comet)

— Rebecca McDonald, 'The First Comprehensive, Interactive Tool to Track SETI Searches' (https://www.seti.org/press-release/first-comprehensive-interactive-tool-track-seti-searches)
— Laurance Doyle, 'Animal Communications, Information Theory, and the Search for Extraterrestrial Intelligence' (https://www.seti.org/animal- communications- information- theory-and-search-extraterrestrial-intelligence-seti)
— Carl Sagan, *The Cosmic Connection* (Hodder & Stoughton, 1973)
— Seth Shostak, 'Should We Keep a Low Profile in Space?' (https://www.nytimes. com/2015/ 03/28/opinion/sunday/messaging-the-stars.html)
— SETI@home website: https://setiathome.berkeley.edu/

Bölüm 4

— Milan Ćirković, *The Great Silence* (Oxford University Press, 2018)
— David Aguilar & Christine Pulliam, 'A New Approach to SETI: Targeting Alien Polluters' (https://www.cfa.harvard.edu/news/2014-21)
— Luc Arnold, 'Transit Light-Curve Signatures of Artificial Objects' (https://arxiv.org/ abs/astro-ph/0503580)
— Nadia Drake, 'Mystery of Alien Megastructure Star Has Been Cracked' (https://news.nationalgeographic.com/2018/01/mystery-of- alien-megastructure-- star-has-been-cracked/)
— Alex Kasprak, 'What's the Deal With Those Mysterious Fast Radio Bursts from Deep Space?' (https://www.snopes.com/news/2019/01/11/radio-bursts-from-deep-space/)
— Robert A. Freitas, 'A Self-Reproducing Interstellar Probe' (http://www.rfreitas.com/Astro/ ReproJBISJuly1980.htm)

— Marina Koren, 'When a Harvard Professor Talks About Aliens' (https://www.theatlantic.com/ science/archive/2019/01/oumuamua-interstellar-harvard-astrophysicist/580948/)

Bölüm 5

— Athena Coustenis & Thérèse Encrenaz, *Life Beyond Earth* (Cambridge University Press, 2013)
— Marc Kaufman, 'Life Found Deep Under Antarctic Ice for First Time?' (https://www. nationalgeographic.co.uk/ environment -and-conservation/2017/11/ life-found-deep-under-antarctic-ice-first-time)
— Jonathan Amos, 'Amount of Deep Life on Earth Quantified' (https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-46502570)
— Christopher Packham, 'Researchers Produce All RNA Nucleobases in Simulated Primordial Earth Conditions' (https://phys.org/news/2017-04-rna-nucleobases-simulated-primordial-earth.html)
— Brian Clegg, 'The Physics Theory of the Origin of Life', *BBC Focus*, February 2019
— Andrew Griffin, 'NASA Finds New Form of DNA in Search for Alien Life' (https://www.independent.co.uk/ life-style/gadgets-and-tech/news/nasa-dna-discovery-alien-life-proof-hachimoji-detection-a8792636.html)
— Mike Wall, 'Life on Venus? Why It's Not an Absurd Thought' (https://www.space.com/40304-venus-clouds-alien-life-search.html)
— Mindy Weisberger, 'Could Life on Mars Be Lurking Deep Underground?' (https://www.livescience.com/64318-mars-life-deep-biosphere.html)
— Paul Rincon, 'Europa: Our Best Shot at Finding Alien Life?' (https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-38925601)

— Ian Sample, 'Moon of Jupiter Prime Candidate for Alien Life after Water Blast Found' (https://www.theguardian.com/science/2018/may/14/europa-moon-of-jupiter-prime-candidate-for-alien-life-after-water-blast-found)

Bölüm 6

— Lucas Ellerbroek, *Planet Hunters* (Reaktion Books, 2017)
— Karel Schrijver, *One of Ten Billion Earths* (Oxford University Press, 2018)
— Diane Samson, 'All Data Collected By Kepler Now Publicly Available' (https://www.techtimes.com/articles/235359/20181103/all-data-collected-by-kepler-now-publicly-available.htm)
— Stephen Clark, 'Astronomers Announce First Exoplanets Discovered by NASA's TESS Mission' (https://spaceflightnow.com/2019/01/09/astronomers-announce-first-exoplanets-discovered-by-nasas-tess-mission/)
— *The Habitable Exoplanets Catalogue* (http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog)
— *Smithsonian Insider*, 'Harsh Space Weather Dooms Life on Red-Dwarf Planets' (https://insider.si.edu/2014/06/harsh-space-weather-may-doom-potential-life-red-dwarf-planets/)
— Deborah Byrd, 'Primitive life at Barnard's Star?' (https://earthsky.org/space/barnard-star-planet-primitive-life-heat)

Bölüm 7

— Manasvi Lingam & Abraham Loeb, 'Relative Likelihood of Success in the Searches for Primitive versus Intelligent Extraterrestrial Life' (https://arxiv.org/abs/1807.08879)
— Seth Shostak, 'What Happens Next If We Find Proof of Space Aliens?' (https://www.seti.org/what-happens-next-if-we-find-proof-space-aliens)

— Tim Folger, 'Contact: The Day After', *Scientific American*, January 2011, s. 40–5
— Martin Dominik & John Zarnecki, 'The Detection of Extraterrestrial Life and the Consequences for Science and Society' (https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsta.2010.0236)
— Brandon Ambrosino, 'If We Made Contact with Aliens, How Would Religions React?' (http://www.bbc.com/future/story/20161215-if-we-made-contact-with-aliens-how-would-religions-react)

DİZİN

A

Açısal hız 112, 113
A for Andromeda 59, 60, 61
Amalthea 75, 76
Arecibo 53, 54, 57
arkeler 86, 88, 99, 100, 109
Arnold, Luc 67, 68, 69, 148
Astrophysical Journal 70, 77

B

Bakteriler 25, 86, 98, 106, 109, 127, 139
BBC Focus 89, 149
Bell Burnell, Jocelyn 50
bilimkurgu 2, 10, 16, 17, 36, 59, 64, 69, 75, 93, 97, 114
biyoimzalar
biyoişaretler 127
Biyokimya 88, 92, 93, 95
Bruno, Giordano 22, 23, 24, 25
Büyük Kulak radyoteleskobu

C

Cassini-Huygens görevi 107, 108
Ćirković, Milan 79, 80, 82, 89, 148
Clarke, Arthur C. 75, 104, 143
Clegg, Brian 89, 149
Clinton, Bill 97
Copernicus, Nicolaus 21
Cosmic Impact (May) 2, 77
Cox, Brian 90

D

Darwin, Charles 11
din 24, 113
Doppler etkisi 117
Drake denklemi 44, 45, 46, 47, 51, 57, 85, 129, 138
Drake, Frank 43, 44, 46, 47, 52, 113, 129, 130, 141
Dyson küreleri 65, 66, 67, 85, 135
Dyson, Freeman 65

E

Enceladus 107, 109
Enerji 36, 37, 41, 42, 63, 65, 66, 69, 70, 73, 83, 89, 91, 94, 95, 100, 105, 112, 113, 114, 125, 126, 131, 140
Eski Yunanlar 20
Europa 7, 8, 11, 17, 104, 105, 106, 107, 109, 132, 133, 137, 138, 139

F

Fermi Paradoksu 13, 14, 57, 66, 79, 82, 83
Fermi, Enrico 13
Fontenelle, Bernard de 13, 23, 111
fotosentez 94, 131

G

Galaksiler 27, 40, 41, 42, 70
Ganymede 103, 106
Gauss, Carl Friedrich 39
Gayzerler
Great Silence, The (Ćirković) 79, 89, 148

H

Hamlet (Shakespeare) 22
Hawking, Stephen 57, 58, 144
Higgs bozonu 135, 139, 142
Hoyle, Fred 26, 34, 35, 37, 59, 60
Huygens, Christiaan 33, 107, 108

I

Io 104, 105

J

Jüpiter 7, 21, 75, 103, 104, 105, 106, 119, 120, 121, 122, 127, 128, 132, 133, 137

K

Kara Bulut (Fred Hoyle) 34, 35, 59
Kepler, Johannes 67, 68, 121, 123, 124, 125, 128, 130, 150
Kepler uzay teleskobu 67, 123
Kızıl cüceler
Kopernik İlkesi 21
Kozmik Bağlantı (Carl Sagan) 55
Kozmos (Carl Sagan) 23
Kuyrukluyıldızlar 26, 49
Kütle çekimi 31, 104
Kütleçekimi dalgaları

L

Laplace, Pierre-Simon 28

M

Madras Gözlemevi, Hindistan 118
Marconi, Guglielmo 39
Mars 2, 21, 34, 39, 40, 75, 76, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 109, 125, 136, 137, 138, 149
McKay, David 98, 99, 100,
metan 91, 94, 107, 108, 109, 127
mikroorganizmalar 17
Miller, Stanley 91, 92, 109, 147
Miller-Urey deneyi 91, 92, 109
Milner, Yuri 52
Monuments of Mars, The (Hoagland) 103, 105

N

NASA 7, 8, 10, 13, 54, 56, 87, 89, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 118, 123, 124, 129, 134, 136, 137, 147, 149, 150
National Geographic 68
Nature 8, 11, 42, 129
Nature Astronomy 8, 11
New York Times 58
nitrojen 94, 107

O

Oort, Jan 42
Oort Bulutsusu 42
'Oumuamua 77, 78, 79, 136, 137
ozon 91

P

Phobos 75, 76
Pioneer görevleri (NASA) 54, 55, 56
Pisagor 19
Plutarkos
Polaris 123
prokaryotlar 86, 87, 97
Proxima Centauri 27, 115, 130, 132
pulsarlar

Q

Queloz, Didier 121

R

Radyo dalgaları 43
Rees, Martin 33
robot sondalar 73
Russell, Bertrand 76, 79

S

Sagan, Carl 55, 56, 57, 102, 148, 154
Samanyolu Galaksisi 27, 45
Science 2, 16, 65, 98, 147, 151
Shakespeare, William 22, 154

Shklovskii, I.S. 75, 76
Shostak, Seth 41, 49, 52, 57, 58, 141, 147, 148, 151
sıcak Jüpiterler 122
silikon 35, 36, 37
silikon-bazlı hayat
simülasyon varsayımı 40, 79, 80, 81, 90
sonsuz evren 22
Star Beast 93
Su, sıvı 95, 96

T

Tarter, Jill 52, 141
Tau Ceti 43, 47, 113, 130
teknoimzalar
termodinamik 89, 90
Tesla, Nikola 40
Titan 33, 103, 107, 108, 109

U

UFO'lar 14, 16, 29, 79
ultraviole (UV) radyasyon
Urey, Harold 91, 92, 109, 154
Uzay Yolu 34, 36, 37, 59, 143, 144

V

van de Kamp, Piet 119, 132
Venüs 21, 95, 96, 103, 125
Viking görevleri (NASA)
volkanlar 104
von Neumann, John 73, 74, 75, 77, 85
von Neumann sondaları 85
Voytek, Mary 93

W

Weinbaum, Stanley G. 36
Whewell, William 25
Wickramasinghe, Chandra 26
Wilkins, John 19, 20, 21
Wow sinyali 48, 51, 136

Y

Yapay zekâ 12, 61
Yörünge periyotları

Z

zenobiology
Zipf yasası 54
Zubrin, Robert 69, 70