



Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenler

İÇİNDEKİLER

Giriş	3
1 • İlk Keşifler	5
2 ■ Keşif Yöntemleri	7
Doğrudan gözlem	7
Görüntüleme	7
Dolaylı keşif	7
Dikine Hız	8
Gökölçümü	10
Pulsar zamanlaması	10
Geçiş	10
3 • Kütleçekim mikromerceklemesi	11
4 • Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenlerden Ne Öğrenebiliriz?	12
5 ■ Ne tür gezegenler keşfedildi?	15
6 • Güneş sisteminin dışında yaşam	17
ESO'nun Önemli Keşifleri	17
ESO'daki Ötegezegen Keşif Araçları	18
ESO ile Gelecekte Ötegezegen Keşifleri	19
Teşekkür	19



1992 yılında bir pulsar çevresinde, 1995 yılında ise normal bir yıldız çevresinde gezegen bulunduğundan beri, güneş sistemi dışı gezegen (ötegezegen) araştırmaları Gökbilim'in en hareketli araştırma alanlarından biri olmuştur. Güneş Sistemi dışındaki sistemler üzerindeki bilgimizde hızlı bir şekilde arttı ve bu gezegenlerin keşifleri için yeni yöntemler geliştirildi.

Bu rehber sizlere ötegezegenlerin keşif yöntemleri hakkında bilgi vermeyi amaçlamaktadır.

Kapak: HD 189733 b'nin canlandırılmış resmi
| ESA, NASA, G. Tinetti
(University College London, UK
& ESA) and M. Kornmesser (ESO)

Önceki: Yıldızının çevresinde dolanan
bir ötegezegen çizimi.
| ESA, NASA, M. Kornmesser (ESO) and STScI





İlk Keşifler

Bir gezegen, bir yıldızın çevresinde dolanan, küreye yakın bir şekli olan, toz ve gaz diskinden oluşmuş nesnelerdir. Gezegenler oluşumları sırasında ve oluştuktan sonra geçen birkaç bin yıl içinde yörüngesini temizlerler.

Pluto gibi cüce gezegenler ise yeterli kütleyle sahip olmadıklarından yörüngelerini temizleyememişlerdir.

İlk ötegezegen, 1992'de astrofizikçiler Aleksander Wolszczan ve Dale Frail tarafından 3 gezegenin bulunmasıyla başladı.

Gezegenler hiç beklenmeyen bir yerde PSR1257+12 pulsarının çevresinde bulunmuştu.

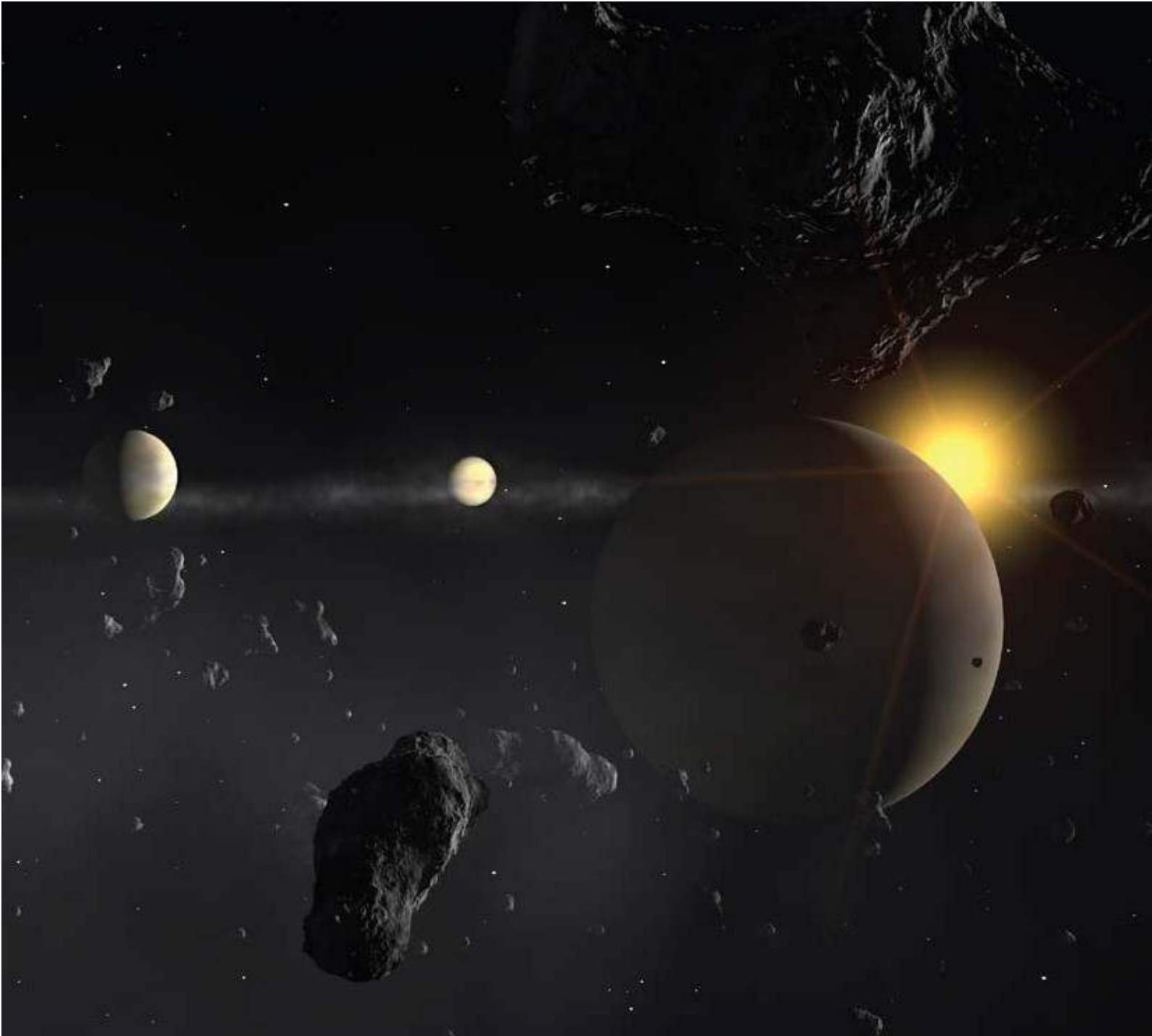
1995'te Cenevrelî gökbilimciler Michel Mayor ve Didier Queloz 51 Pegasi adlı normal bir yıldızın (anakol yıldızı) çevresinde dolanan ilk ötegezegeni, keşfetti. 51 Pegasi b olarak adlandırılan gezegen Jüpiter'in yarı kütlelerindeydi. Gezegenin yörünge dönemi 4 gün ve yıldızına uzaklığı 0.05 GB (Gök birimi) olarak ölçüldü. Bu uzaklık Güneş-Merkür uzaklığından sekiz kat daha yakındır.

1995'ten bu yana Gökbilim'in en hareketli alanlarından biri haline gelen ötegezegenlerden, şimdiye kadar çeşitli yöntemler kullanılarak 400'ün üzerinde keşif yapıldı. (Aralık 2009 tarihine göre).

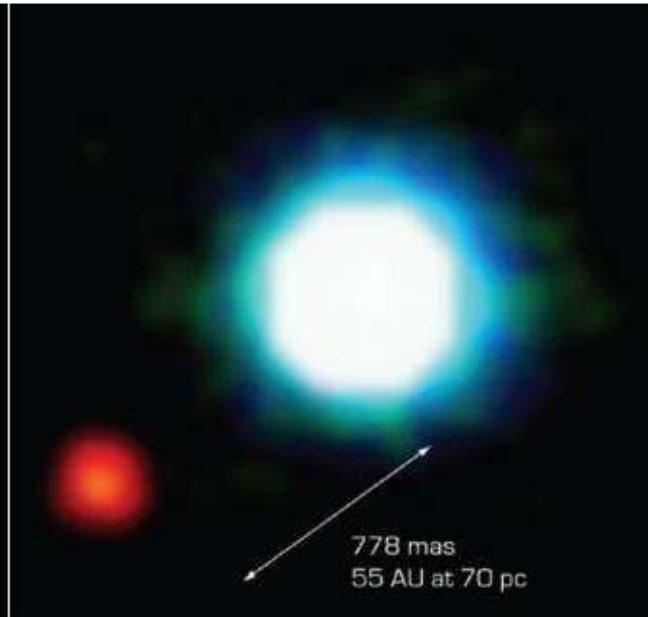


Önceki: ESO'nun 3.6-m'lik teleskobu,
La Silla Gözlemevi | ESO

Sağdaki: La Silla Gözlemevi | ESO



HD 69830 sistemi -ESO



Büyük bir olasılıkla ilk ötegezegen görüntüsü. VLT üzerindeki NACO eklentisi ile çekilmiş fotoğrafta mavi-beyaz kısım bir kahverengi cücedir. Kırmızı olarak görülen ise bu yıldızın çevresinde dolanan bir gezegen.

ESO

Ötegezegen keşfi samanlıkta iğne aramaya benzer. Gezegenlerden bize gelen ışık çok azdır. Çünkü gezegenler yıldızından aldığı ışığı yansıtırlar. Yıldızlarının ışığı gezegenlerin yansıttığı ışığa göre çok daha parlaktır. Bu olay bir orman yangını içinde yanan bir mumu görmeye benzer.

Bu zorluğa karşılık farklı yöntemlerle ötegezegen avcılığı yapılmaktadır.

- Doğrudan gözlem
 1. Görüntüleme
- Dolaylı gözlem
 2. Dikine hız
 3. Gökölçümü
 4. Pulsar Zamanlama
 5. Geçiş
 6. Kütleçekimsel mikromerceklenme

Doğrudan Gözlem Görüntüleme

Bir gezegeni keşfetmenin en zor tekniklerinden biri doğrudan gözlemdir. Bunun nedeni gezegenin gönderdiği ışığın yıldızına göre çok daha az olmasıdır. Yıldızın parlaklığı maskelenerek bölge taraması yapılır.

Bir diğer yöntemde kızılötesi ışıınımdan yararlanmaktır. Jüpiter büyüklüğündeki bir gezegen görünür ışıktaki yıldızın parlaklığına göre milyarda bir parlak görünür. Ancak kızılötesi ışıktaki bu oran birkaç binde bire düşer.

Yıldızdan gelen ısı ve ışık etkisini örtmek için yıldızın merkezinden korona tabakasına kadar olan kısım maskelenir. Böylece yıldızın yakın konumda bulunabilecek gezegenler kendilerini gösterebilir. ESO'nun Çok Büyük Teleskobu (Very Large Telescope-VLT)'na takılan uyarlanabilir optik NACO ile bir ötegezegen görüntüsü elde edilmiştir.

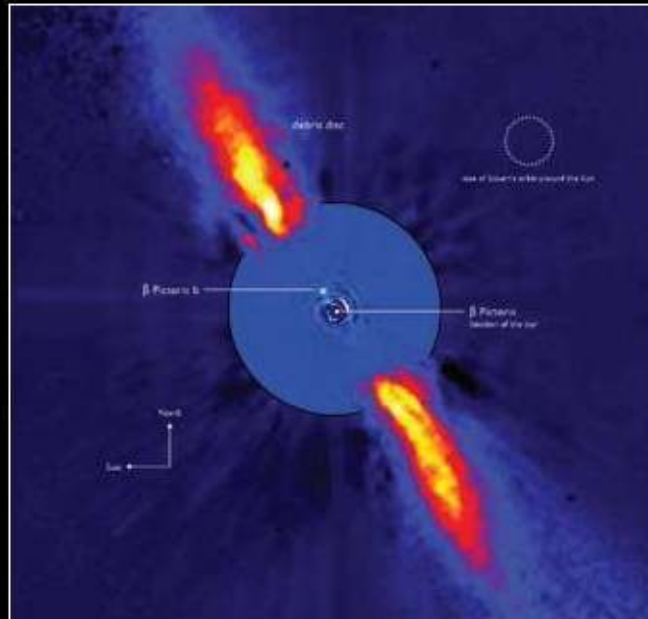
Dolaylı Gözlem

Keşfettiğimiz ötegezegenlerin çok büyük bir kısmı doğrudan değil dolaylı gözlem yoluyla keşfedilmiştir, gezegenin yıldızı üzerindeki etkisinden dolayı bulunmuştur.

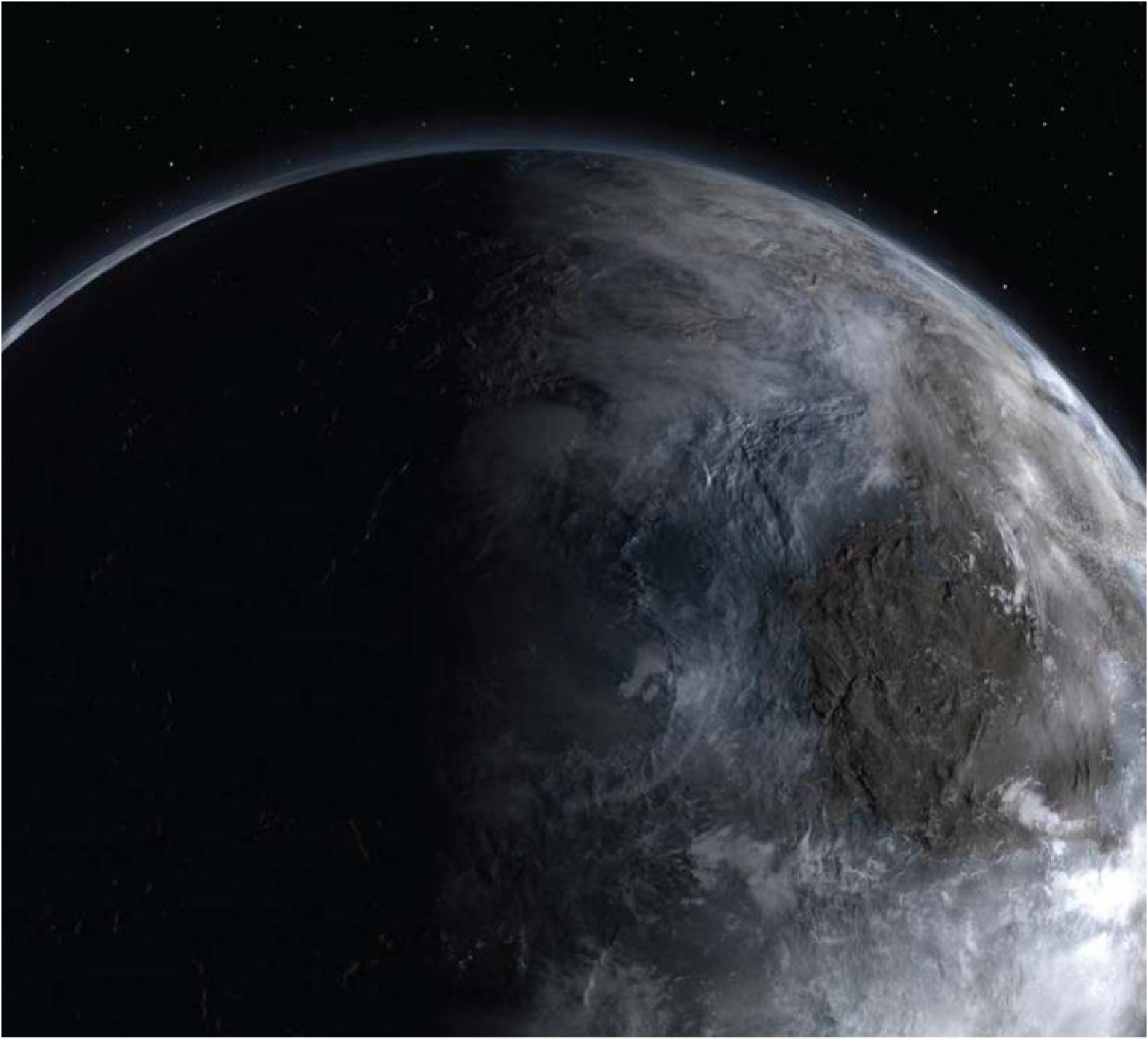
Bir gezegen birkaç farklı biçimde bağlı olduğu yıldızı etkiler. Gezegenin yıldızına göre küçük olan kütlesi, yıldızın küçük bir dairesel yörüngesi olmasını sağlar. Yıldız dikine hız veya gökölçümü (astrometri) yöntemiyle izleyen gökbilimciler yıldızın sallanmasından (bir topacın dönerken sallanması gibi) en az bir gezegeni olduğunu bulurlar. **(sayfa 8-10)**

Bir diğer yöntemde ise gezegenin bizimle yıldız arasından geçmesidir. Geçiş (transit) yöntemi adı verilen yöntemde yıldızın gözlenen parlaklığı azalır.

Bu çok küçük değişimler, ötegezegen keşifleri için çok önemlidir.



Beta Ressim (Beta Pictoris)'ın kızılötesiyle alınmış görüntüsü
| ESO

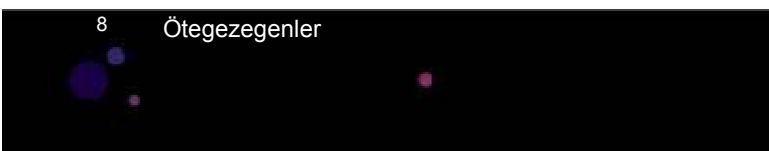


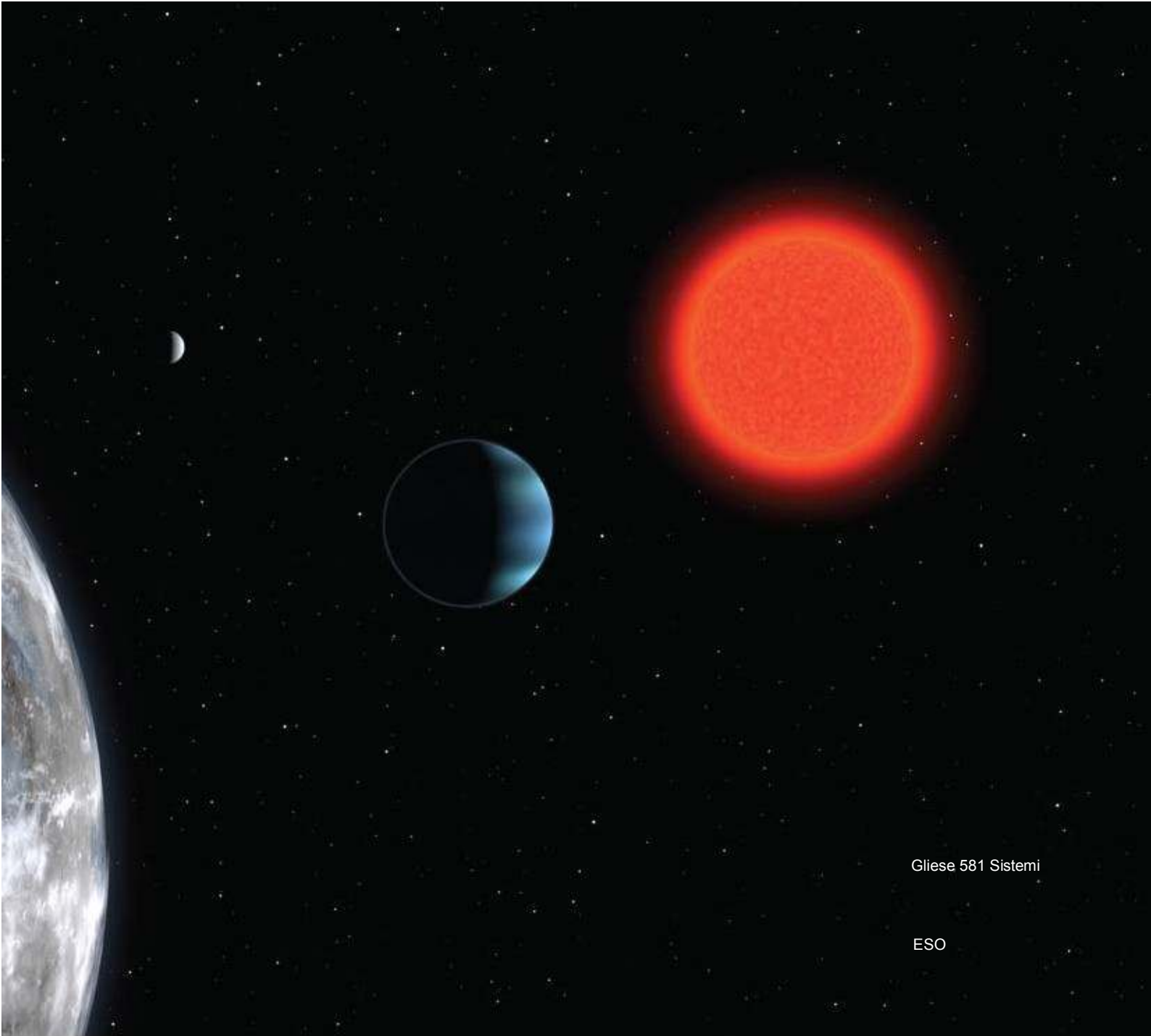
Dikine Hız Gözlemi

Çok uzaktaki bir yıldız hakkındaki birçok bilgiyi, yıldızın tayfı kaydedilerek belirlenebilir. Gezegeni olan bir yıldızın dikine hızı, onun sistemin kütle merkezi çevresindeki yörünge hızından hesaplanır. Yıldızın gözlenen bu hızı, gözlemcinin görüş doğrultusundaki dikine (radyal) hızıdır. Yıldız bu küçük yörüngesinde bize doğru yaklaşırken tayfı maviye, uzaklaşırken ise kırmızıya kayar (sonraki sayfadaki çizelgeyi inceleyin). Buna aslında günlük hayatta da rastlarız. Örneğin bir ambulans bize yaklaşırken sirenin sesi yaklaştığını belli edecek ölçüde artmaya, uzaklaşırken de azalmaya başlar. Buna **Doppler Etkisi** adı verilir.

Yıldızın dikine hızındaki düzenli değişiklikler ölçülerek gezegenin kütlesi ve yörüngesinin eğimi hesaplanabilir. Bu küçük değişimler veya sallanmalar bir gözlemci tarafından ölçülür. Gökbilimciler oldukça hassas tayfölçerlerini kullanarak yıldızın dikine hızındaki küçük düzenli değişimleri ararlar. Gezegenin yörünge eğimi hesaplanarak alabileceği en küçük kütle değeri de hesaplanır.

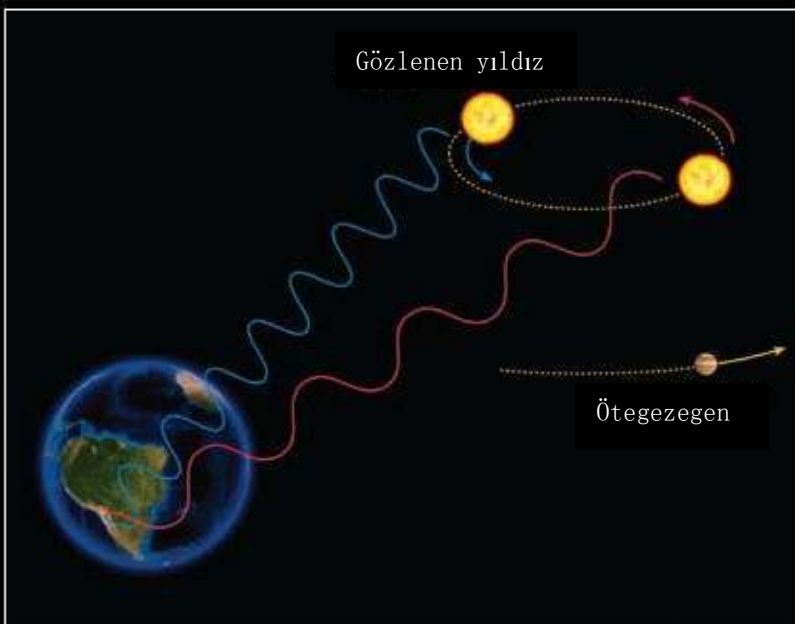
Dikine hız yöntemiyle başarılı yeni gezegen keşifleri yapılmaktadır. ESO'nun Şili'deki La Silla gözlemevindeki 3.6 metrelik teleskobuna bağlanan HARPS (High Accuracy Radial Velocity for Planetary Searcher) yüksek çözünürlüklü tayfölçeri ile düşük kütleli gezegen keşfi yapılmaktadır.





Gliese 581 Sistemi

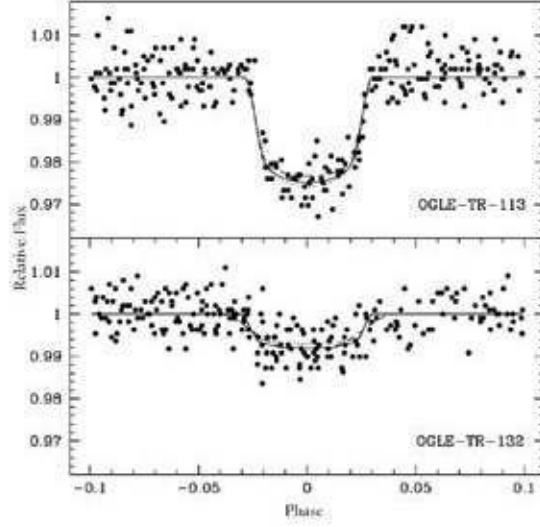
ESO



Dikine Hız yöntemi

ESO

II



Gezegeni olan iki yıldızın önünden geçen gezegenlerinin büyüklüğüne göre parlaklıklarının değişimi | ESO

Gökölçümü (Astrometri) Yöntemi

Bu yöntem dikine hız yöntemine benzemektedir. Yöntemde yıldızın konumundaki küçük sapmaların nedeni yıldızın bilinmeyen bir arkadaşına bağlanır. Yıldız, gezegenin kütesine bağlı olarak küçük bir yarıçapa sahip bir yörüngede dairesel hareket yapar. Bu yöntemle şimdiye kadar **bir** gezegen keşfi yapılmıştır.

Pulsar Zamanlaması

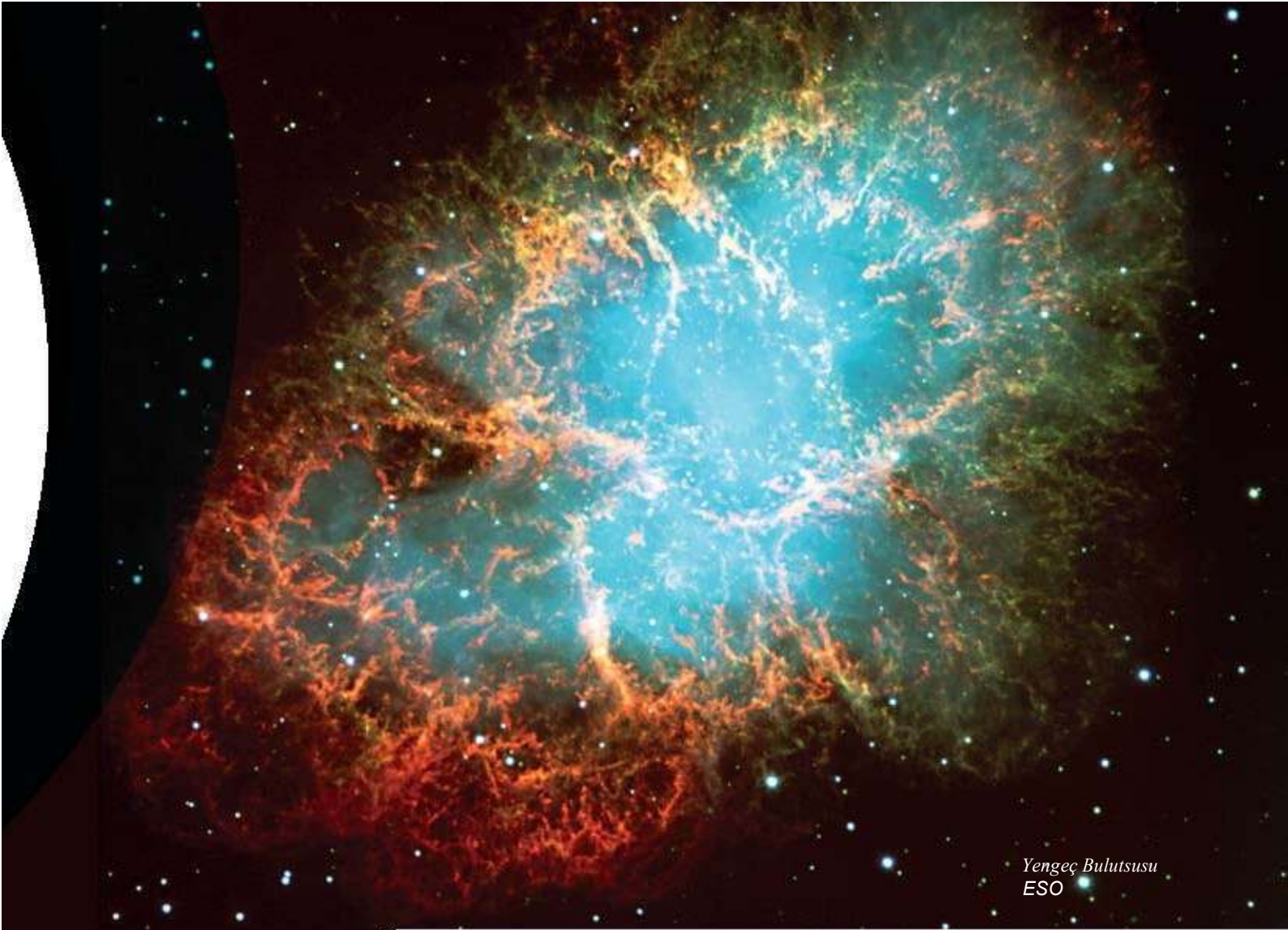
Bir yıldızın yörüngesinde dolanan gezegen, yıldız tarafından yayılan düzenli sinyallerin süresini etkiler. Bu yöntem ile bir pulsar çevresinde dolanan gezegenler bulunur. Pulsarlar, dönemselsel olarak çevresine ışık yayan deniz fenerleri gibi, çevrelerinde yüksek hızlarla dönerek radyo dalgaları yayınlarlar. Eğer böyle bir yıldızın çevresinde dolanan gezegen varsa, bu durumda pulsar veya atarcalardan yayılan ışığın frekansı etkilenecektir.

Geçiş Yöntemi

Bir gezegen bizim bakış açımıza göre yıldızının önünden geçtiğinde kullanılan bir yöntemdir. Bu geçiş sırasında gezegen yıldızının ışığının bir kısmını engelleyerek yıldızın parlaklığının dönemselsel olarak inip çıkmasına neden olur. Bu etki, çok küçük değişimleri ölçebilen fotometreler ile gözlenir.

Geçiş yöntemiyle gezegenlerin atmosferlerinin yapısı hakkında birçok bilgi elde edilebilir. Gezegen yıldızının önünden geçerken yıldızdan gelen ışığın bir kısmı atmosferinden geçecektir. Yıldızın ışığı işte bu noktada geçiş “öncesi” ve “sonrası” verileri karşılaştırılarak gezegenin atmosfer yapısı ortaya çıkarılır.

Dikine hız ölçümleriyle geçiş fotometresi birleştirilerek gezegenin yalnız kütesini değil yarıçap ve yoğunluğunu bulmak mümkün olmaktadır.

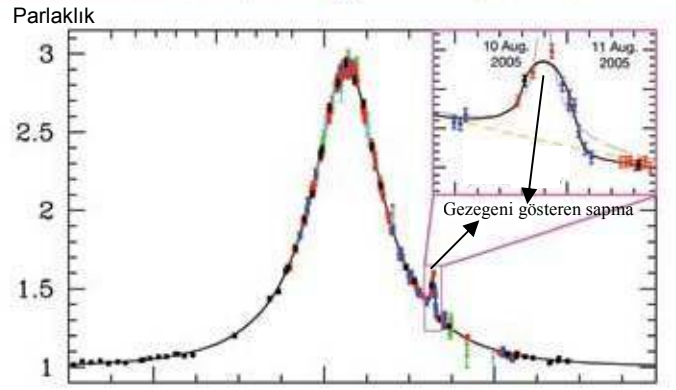


Yengeç Bulutsusu
ESO

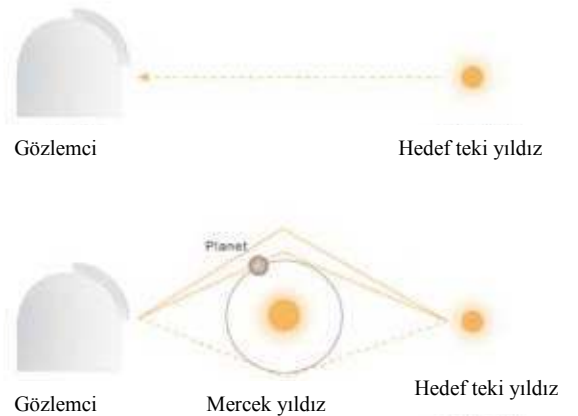
Kütleçekimsel Mikromerceklenme Yöntemi

Büyük kütleli bir cisim, daha uzaktaki bir cisimden gelen ışığın yolunu değiştirir. Böylece cisim sanki bir mercekmiş gibi görev yapıp hedefteki cismin daha büyük görünmesine yol açar. Dünyaya ışığı ulaşan bir cismin önüne geçen başka cisim, arkadaki cismin daha farklı bir yerde görünmesine neden olacaktır. Merceklenme etkisi bir ışık kaynağının önüne geçen kendinden ışık yaymayan gezegenler veya karadelikler gibi cisimler nedeniyle oluşur. Sürekli izlenen bir yıldızın ışığında anormal bir artış gerçekleşiyorsa bunun nedeni büyük bir olasılıkla yıldızın önünden geçmekte olan ve bize görünmeyen bir cisim, gezegendir. Buradaki ışık eğrisinde gerçekleşen ani çıkışın yüksekliği bize yıldızın önünden geçen cismin kütlesini verecektir.

Bu yöntemle 2003 yılında OGLE 2003-BLG-235/MOA 2003-BLG-53 adlı gezegen keşfi yapıldı. Bu yöntemin dezavantajı ise ölçümün bir kez yapılabilmesidir. Aynı geçişin gerçekleşmesini beklemek binlerce yıl sürebilir. Bu nedenle bu yöntemle elde edilen değerler mutlaka diğer yöntemlerle kontrol edilmelidir.



OGLE-2005-BLG-390'a ait ışık eğrisi | ESO

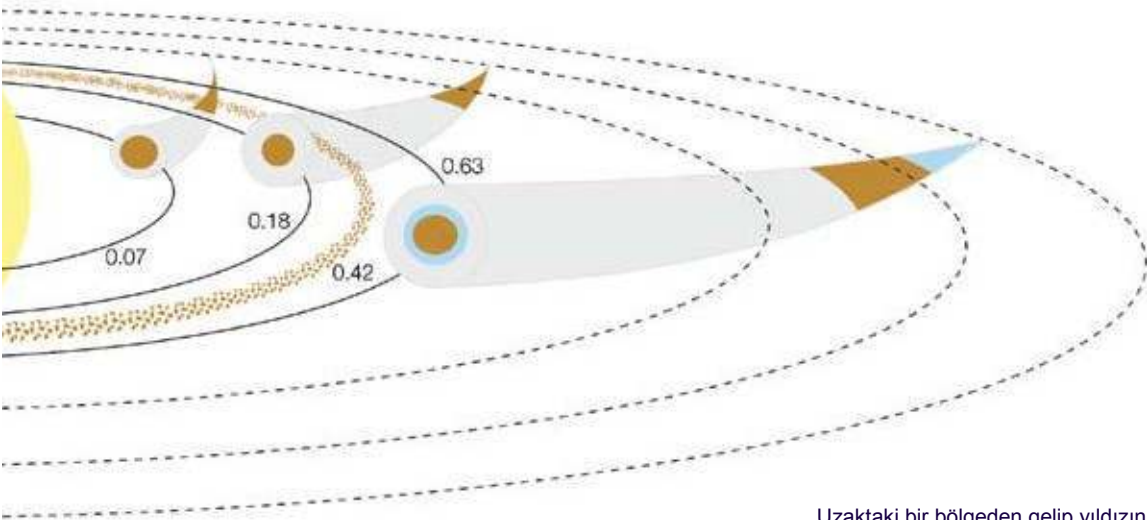


Merceklenme etkisinde, bir yıldızın çevresinde dolanan gezegen, arkada daha uzakta olan yıldızın daha büyük görünmesine neden olur. | ESO

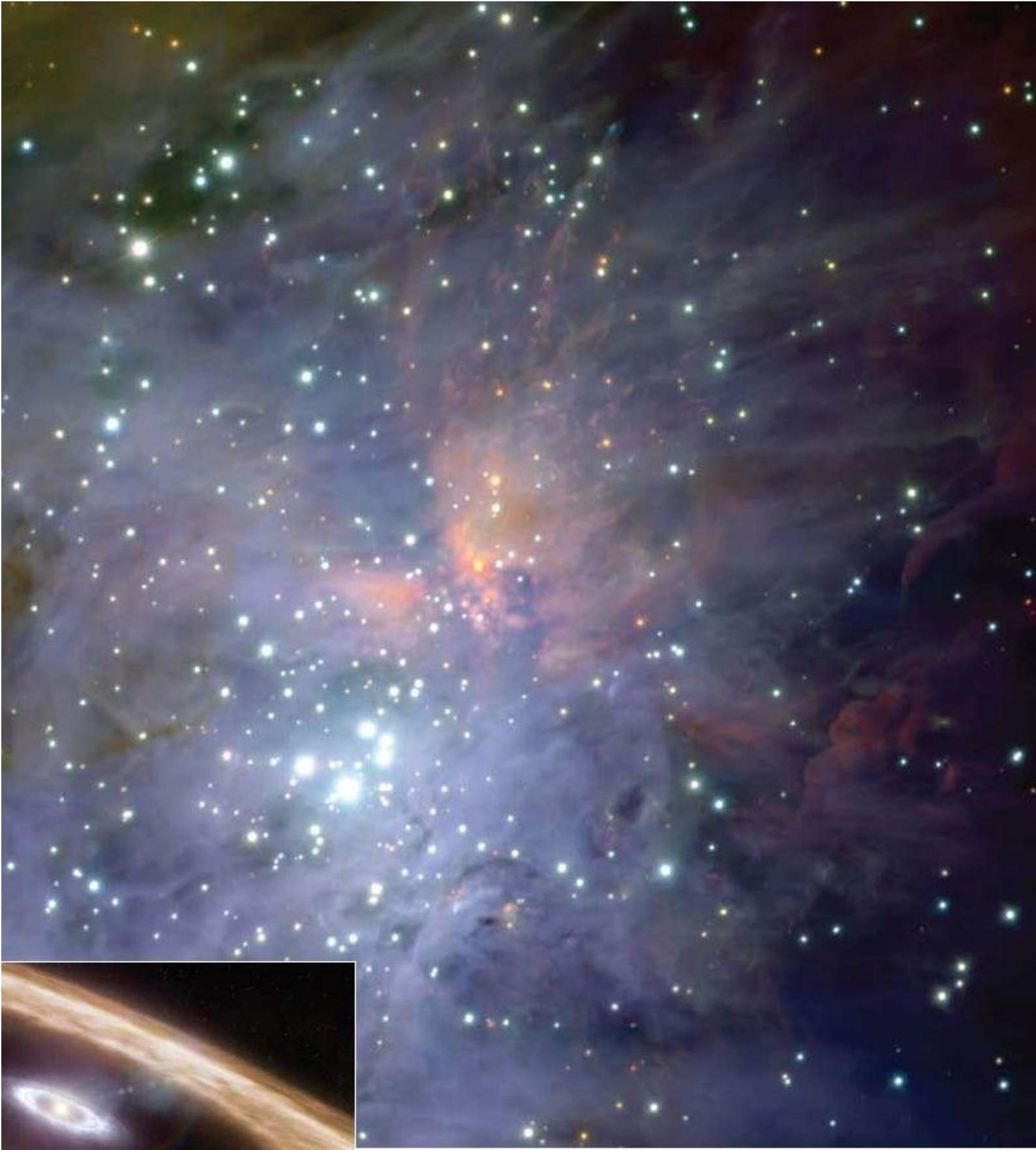
3

Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenlerden Ne Öğrenebiliriz?

Güneş Sistemi dışındaki gezegenleri izleyerek kendi güneş Sistemimizle ilgili sorulara yanıt bulabiliriz. Gökbilimciler yıldız ve gökadalara ilgili kuramları, çok farklı türde ve yaştaki yıldız ve gökadalara inceleyerek ulaşmışlardır. Buradan hareketle de kendi gökadamızı ve güneşin yeri belirlenmiştir. Güneş Sistemi 4.6 milyar yıl yaşındadır. Bu sistemin nasıl oluştuğunu doğrudan sistemi gözleyerek bulamıyoruz. Bu sorunun yanıtını bize genç gezegensel sistemler verebilir. Öngezenimsi diskleri, gezegenlerin oluştuğu, genç bir yıldız çevresinde dolanan toz ve gaz bölgeleridir. Bu tür bölgelerin incelenmesiyle oluşan yeni kuramlara göre toz taneciklerinin yoğunlaştığı yerlerde gezegen yapıları oluşmaktadır. Eğer bu öngezen yapıları yıldız ışınlımlarından oluşan rüzgarlardan, kuyruklu yıldız ve göktaşları tarafından dağılmazsa gezegen oluşacaktır. Bu tür yapılar göktaşları ve kuyruklu yıldızlardan çok daha büyüktürler; ancak gezegenlerden daha küçüktürler. Birkaç milyon yıl sonra yıldızlararası ortamdaki tozun ağırlıklı kütlesi, yakınındaki tozu da kendine çekip oluşacak gezegenin yörüngesinin temizlenmesini sağlayacaktır. Bulunan gezegenlerin çoğu Güneş Sistemimizdeki gezegenlerden farklı olarak ya çok büyük ya da yıldızına yakındır. Bazı dev gezegenlerin yıldızın çok yakın olmaları, yıldızından çok uzakta oluşmuş olmalarına karşılık bir helezon çizerek yavaş yavaş yıldızına yaklaştıklarını gösterir gibidir.



Uzaktaki bir bölgeden gelip yıldızın çevresinde dolanmaya başlayan HD 89830 sistemi. | ESO



Avcı Bulutsusu (Orion Nebula) | ESO, M.McCaughrean et al. (AIP)



Gezegen oluşum diskinin
resmi

ESO



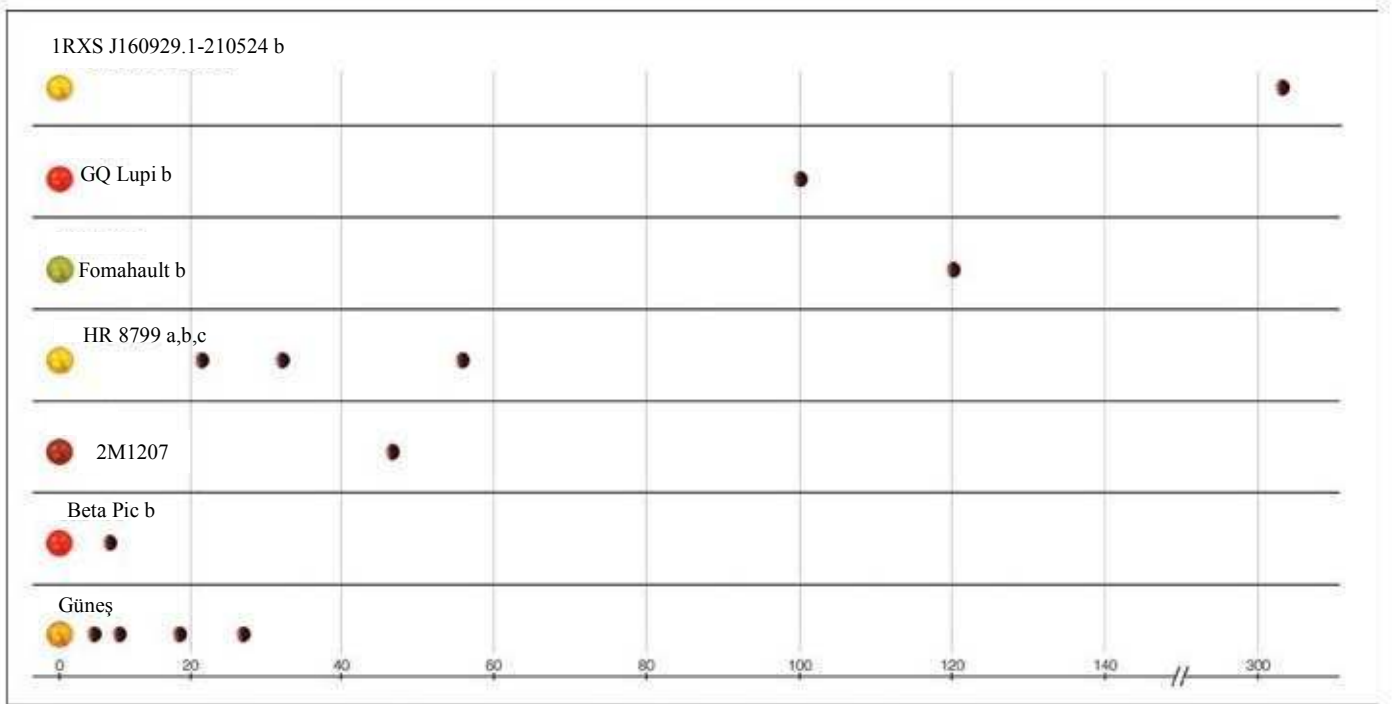
Fomalhaut yıldızının çevresinde dolanan gezegen | ESA, NASA and L. Calçada (ESO)

4

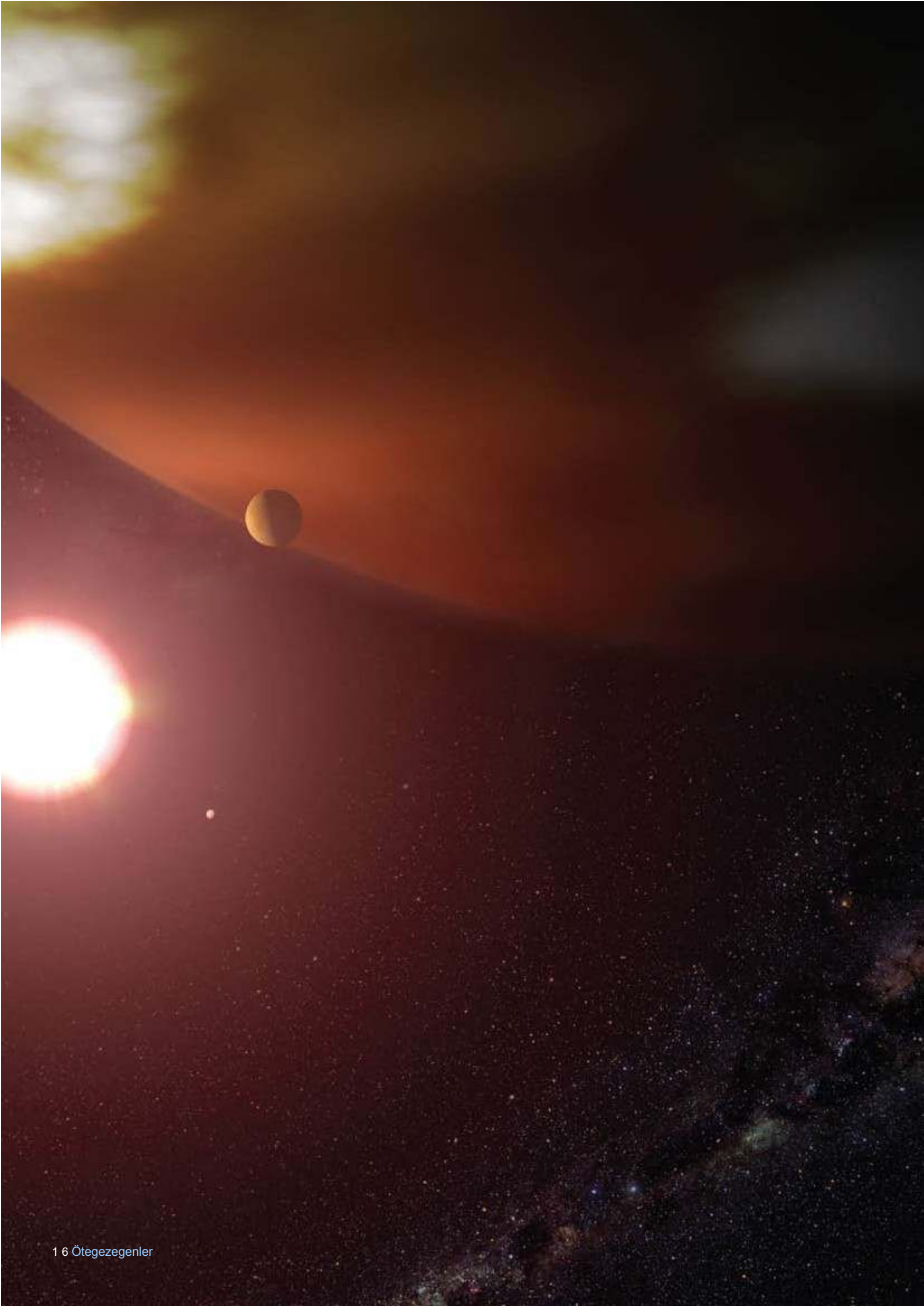
Ne tür gezegenler keşfedildi?

Günümüz teknolojiyle bugüne kadar çoğunlukla Jüpiter büyüklüğünde ya da Jüpiter'den daha büyük gezegenler keşfedildi. Daha küçük gezegenlerin keşfi zor olmakla birlikte, birkaç tane iki dünya kütesinden daha küçük gezegen de keşfedildi.

Keşfedilen gezegenlerin arasında dev ve çok sıcak gezegenlere ek olarak küçük ama buzlu yapısı olan gezegenlerde bulunmaktadır. Yanıtlanması gereken ilginç sorulardan biri de yıldızın türüne göre gezegenlerin özelliğinin etkilenip etkilenmediğidir. Bulunan bu gezegenlerde halka yapıları ve uyduları da bulunabilir ama bu yapıların keşfi daha zordur.



Bu çizelgede Güneş Sistemindeki Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün bulundukları konuma göre diğer yıldızların gezegenlerinin konumları kıyaslanmıştır. | ESO



Güneş Sistemi Dışındaki Yaşam



Güneş dışı gezegenlerin araştırılmasıyla Güneş Sistemi'nin oluşumu ve geleceği hakkında bilgi edinilmeye çalışılıyor. Yine aynı düşünceyle bu gezegenlerde yaşamın olma olasılığı da araştırılıyor. Keşfedilen gezegenlerde yaşam olabileceği ya da gelecekte gerçekleşebileceği düşünüldüğünden gökbilimciler bu yeni alana büyük ilgi duymaktalar.

Ötebiyoloji (exobiology), dünya dışındaki yaşam ile ilgilenmektedir. "Yaşam" kavramı tartışmalı olmasına karşılık çoğunlukla kabul gören karbon temelli bir yaşamın izleri iki koşul altında aranmaktadır:

- Yaşamı barındırabilecek bir gezegenin büyüklüğü 1 ile 10 dünya kütlelerinde olmalıdır. Daha küçük olursa atmosferi oluşacak kadar kütle çekimi oluşturmaz. Daha büyük olması durumunda ise çok fazla hidrojen atomuna sahip olarak bir gaz gezegen olacaktır.
- Yaşamın ortaya çıkmasının bir diğer şartı ise sıvı sudur. Bir gezegende sıvı su ancak yıldızın yaşam alanı (Goldilocks veya Habitablezone) içinde yer alan gezegenlerde mümkün olabilir. Bu bir gezegenin yıldızından ne kadar uzakta olması gerektiğini de belirler.

Ötebiyoloji şu an için ötegezegen alanının çok aktif bir alanı değildir. Ancak gelecekte çok aktif bir alan olacaktır. Önümüzdeki 10 yıl içinde gerçekleşecek görevlerden ESA'nın Darwin ve NASA'nın Dünya benzeri gezegen keşfi (Terrestrial Planet Finder missions) görevleri ile gökbilimciler ötegezegenlerde oksijen, karbondioksit ve klorofil arayacaklar.

Gezegen sistemi resmi

(NASA, ESA and G. Bacon)

ESO'nun Ötegezegen Keşifleri

- 2009: HARP tayfölçeriyle en küçük kütleli ötegezegen keşfi yapıldı.
- 2008: Doğrudan gözlem yoluyla güneş benzeri bir yıldızın çevresinde Satürn büyüklüğünde bir gezegen keşfi yapıldı.
- 2008: İlk kez Güneş gibi yıldızların çevresinde gezegen oluşum diskleri olduğu gözlemlendi.
- 2008: Güneş benzeri yıldızların çevresinde dolanan gezegenlerin üçte birinin karasal olabileceği öne sürüldü.
- 2007: Yıldızların çok parlak olması nedeniyle gezegen gibi daha küçük gök cisimlerinin keşfi için yeni bir tayfölçer keşfedildi.
- 2007: 20 ışık yılı uzaklıkta yüzeyinde su olması muhtemel bir dünya benzeri gezegen keşfi yapıldı.
- 2006: Yıldızların çevresinde oluşan disk yapıları içinde birkaç Jüpiter kütleli gezegenlerin keşfedilebileceği belirlendi.
- 2006: 10 ile 20 Dünya kütlesine sahip üç gezegeni ve bir asteroid kuşağı olan yıldız keşfi yapıldı. Bu yapıyla yıldız sistemi bizim güneş sistemine çok benzemektedir.
- 2006: Dünyadan sadece 5 kat büyük bir gezegen keşfi yapıldı.
- 2005: Samanyolu'nda yaygın olarak bulunan düşük kütleli bir yıldızın çevresinde gezegen olduğu bulundu.
- 2004: Üç genç yıldızın çevresinde gezegen oluşturabilecek madde olduğu görüldü. Bu keşifle dünyanın yaşam barındıran tek gezegen olmayabileceği fikri ortaya atıldı.
- 2004: İlk defa doğrudan gözlem yoluyla ötegezegen keşfi yapıldı.
- 2004: İlk kez 14 dünya kütleli bir gezegenin karasal olabileceği duyuruldu.
- 2002: Güneş benzeri bir yıldızın çevresinde gezegen oluşturabilecek disk olduğu bildirildi.

ESO'nun Ötegezegen Keşif Araçları

- HARPS (High Accuracy Radial Velocity for Planetary Searcher) ESO'nun La Silla'daki 3.6 metrelik teleskobuna bağlı olan yüksek çözünürlüklü tayfölçer. Araçla dikine hız daha hassas ölçülebiliyor (1 m/s ya da 3.6 km/h)
- NACO on VLT at Paranal — Küçük ve sönük gezegenler bu araçla daha kolay keşfedilebiliyor. Araçta etkin bir optik araç ile kızılötesi kamera bulunuyor.
- UVES on VLT — Yüksek çözünürlüklü tayfölçeri ile morötesi ve görünür ışıktaki dikine hız yöntemine göre gözlemi mümkün hale getiriyor.
- EMMI on NTT at La Silla — Görünür dalga boyunda tayfölçer.
- FLAMES (Fibre Large Array Multi Element Spectrograph) Çoklu çözünürlüklü tayfölçer.
- 1.2-metrelik İsviçre Teleskobu — Yüksek çözünürlüklü tayfölçer
- 1.54 metrelik Danimarka Teleskobu — Uzun süreli izleme ekranı
- AMBER gezegen oluşumu gözlemleri
- VISIR gezegen oluşumu gözlemleri
- ISAAC
- MIDI at ESO's VLT

ESO ile Gelecekte Ötegezegen Keşifleri

Özellikleri gün geçtikçe geliştirilen ESO'nun Çok Büyük Teleskobu (VLT) ile çok önemli keşifler yapılmaya devam ediliyor.

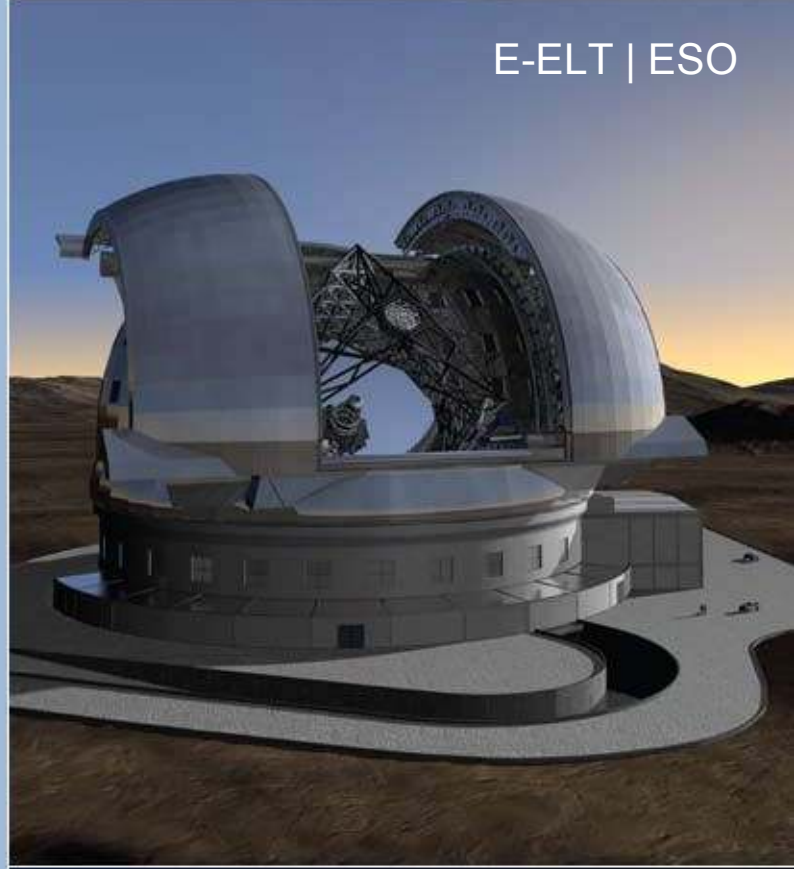
Birkaç yıl önce teleskoba eklenen kızılötesi görüntüleme aracı (PRIMA) ile daha sönük cisimlerin keşfi yolunda önemli adımlar atılmıştı. Yeni geliştirilen ikinci araç olan SPHERE ile de güneş sistemi dışındaki gezegenleri doğrudan gözlem yoluyla keşfetmek mümkün olabilecek. Araç ile teleskop yıldızına 1 ile 100 GB (gökbirimi, Dünya-Güneş uzaklığı, 1 GB=150 milyon km) uzaklıkta yer alan Jüpiter büyüklüğündeki gezegenler keşfedilebilecek. SPHERE 2010 yılında çalışmaya hazır hale gelecek.

- E-ELT (Avrupa Extremely Large Telescope, Avrupa Aşırı Büyük Teleskop) – ile radyal hız yöntemiyle dünya büyüklüğünde gezegen keşfi
- Alma (Atacama Büyük Milimetrik / Milimetrealtı Dizisi) – Daha hassas gökölçümü ölçümleri ve doğrudan görüntüleme ile hem ötegezegenler hem de gezegen oluşum diskleri keşfi yapılabilecek.

ALMA dizisi | ESO



E-ELT | ESO



Çok Büyük Teleskop (VLT) | ESO



Teşekkür: Değerli zamanını ayırıp çalışmayı değerlendiren ve çeşitli düzeltme önerilerinde bulunan **Prof. Dr. Ethem Derman** (Ankara Üniversitesi- Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölüm Başkanı) hocama teşekkür ederim.



www.eso.org

Yıldızının önünden geçiş
yapan bir ötegezegen resmi.

(NASA, ESA ve G. Bacon)

Ötegezegenler

www.astronomidiyari.com