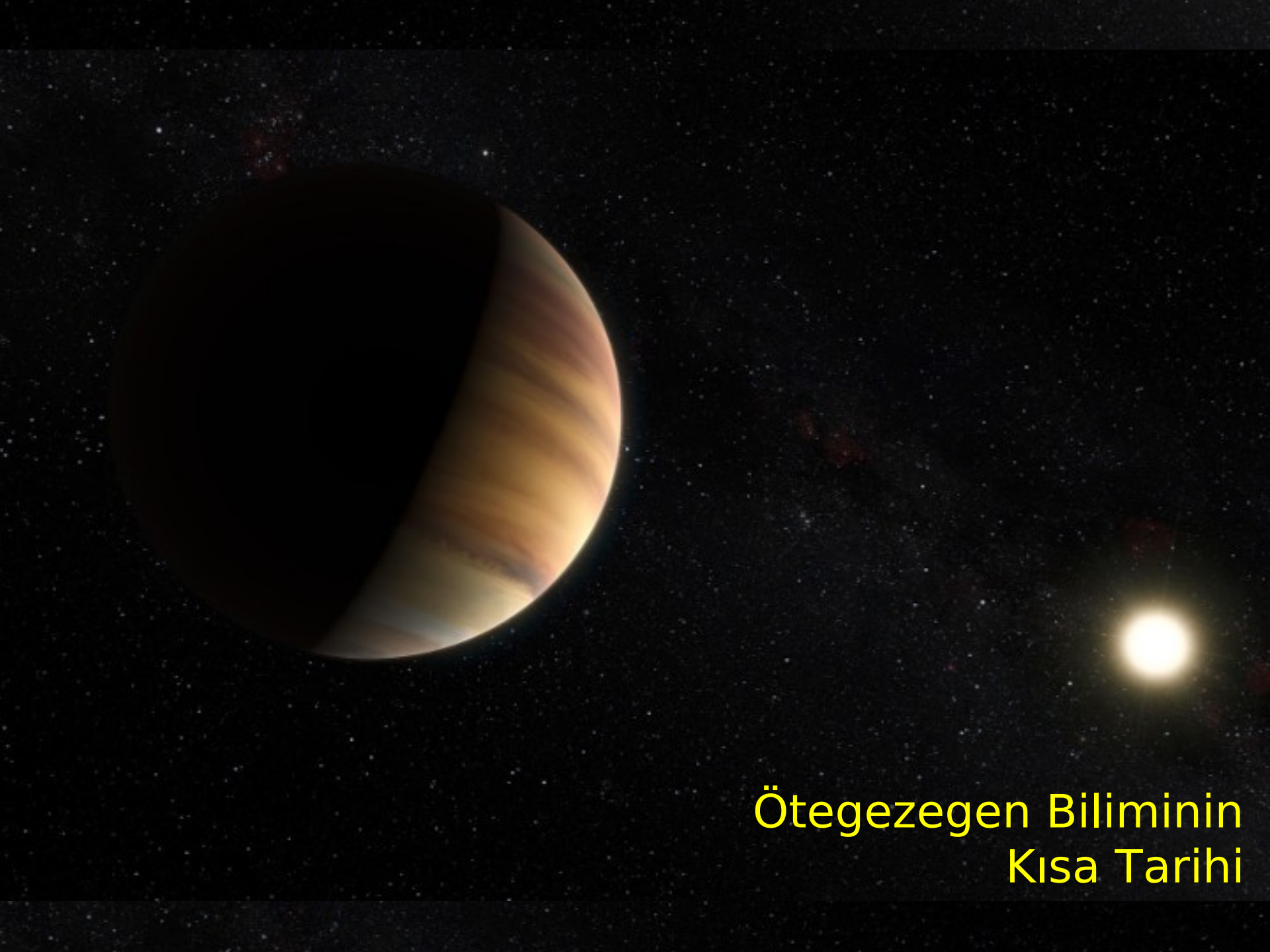




AST418
Gezegen Sistemleri
ve Oluşumu

Ders 1 : Tarihçe ve
Temel Yasalar



Ötegezegen Biliminin Kısa Tarihi

Gezegen : Güneş etrafında **1)** kapalı bir yörünge dolanan, başka bir cismin uydusu olmayan, **2)** kütleçekimi katı cisim kuvvetlerini yenecek ve cismi hidrostatik dengede (yaklaşık olarak küresel geometride) olmaya zorlayabilecek kadar büyük ancak nükleer tepkimelerle kendi enerjisini üretemeyen ($M < 13 M_{\text{jüp}}$) ve **3)** yörüngesini uyduları dışındaki cisimlerden temizlemiş gökcsimi

IAU, Resolution 5-6, 2006



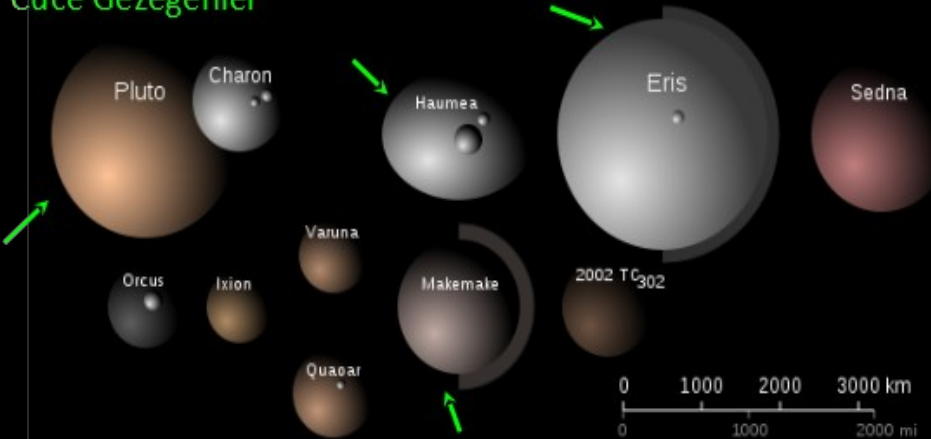
IAU'nun gezegen tanımındaki diğer koşulları sağlayıp yörüngesini temizlememiş olanlara **CÜCE GEZEĞEN** diyoruz: Ceres, Plüto, Eris, Makemake, Haumea! (ve olası başka binlercesi!)

Gezegen Cüce Gezegen Küçük Gezegen (Asteroid ve Kuyruklu Yıldızlar)

Gezegenler



Cüce Gezegenler



Küçük Gezegenler



- ✓ **Ötegezegen:** Kütleleri döteryumu yakabilecek limit kütleden küçük (Güneş'in metal bolluğunda bir cisim için 13 Jüpiter kütlesi) ve hidrostatik dengede olabilecek kadar da büyük, yıldızların, kahverengi cücelerin veya yıldız kalıntılarının etrafında kapalı yörüngelerde dolanan, merkezi cismin kütlesine oranı 1/25'ten küçük (L_4 ve L_5 noktalarının kararlı olduğu, böylece yörüngesini "temizlemiş") olan gök cisimleridir. (IAU -F2, 2018)
- ✓ Kopernik (ya da Sıradanlık) İlkesi: "Güneş sıradan bir yıldız ve Dünya da sıradan bir gezegen."
- ✓ Aslında çok uzun zamandır Güneş'ten başka yıldızların etrafında da gezegenler olabileceğini biliyoruz (Plato!) ama keşfetmemiz biraz zaman aldı...
- ✓ Çünkü Yıldız çok büyük ve Gezegen onun yanında çok küçük. Bir atom bombasının yakınında bir lazer ışığı kadar da sönük! Ve bizden çok çok çok çok çok çok uzaktalar!
- ✓ İlk gezegeni (iki tane birden!) ancak 1992 yılında bir yıldız kalıntısının (PSR B1257+12) etrafında zamanlama tekniğiyle bulabildik.*

PSR-B1257+12 Sistemi *

Keşif	1992 - 1994
d^*	1630 ly
P_{rot}	6.22 ms
$M_{b,c,d}$	0.00007 (1.8 M_{Ay}), 0.013, 0.012 $M_{jüp}$
$P_{b,c,d}$	25, 66, 98 gün
b,c,d	0.19, 0.36, 0.46 AB

* Tüm veriler <http://exoplanet.eu> adresinden alınmıştır

PROPOSAL FOR A PROJECT OF HIGH-PRECISION STELLAR RADIAL VELOCITY WORK

By *Otto Struve*

With the completion of the great radial-velocity programmes of the major observatories, the impression seems to have gained ground that the measurement of Doppler displacements in stellar spectra is less important at the present time than it was prior to the completion of R. E. Wilson's new radial-velocity catalogue.

One of the burning questions of astronomy deals with the frequency of planet-like bodies in the galaxy which belong to stars other than the Sun.

But there seems to be no compelling reason why the hypothetical stellar planets should not, in some instances, be much closer to their parent stars than is the case in the solar system. It would be of interest to test whether there are any such objects.

We know that *stellar* companions can exist at very small distances. It is not unreasonable that a planet might exist at a distance of 1/50 astronomical unit, or about 3,000,000 km. Its period around a star of solar mass would then be about 1 day.

We can write Kepler's third law in the form $V^3 \sim \frac{1}{P}$. Since the orbital velocity of the Earth is 30 km/sec, our hypothetical planet would have a velocity of roughly 200 km/sec. If the mass of this planet were equal to that of Jupiter, it would cause the observed radial velocity of the parent star to oscillate with a range of ± 0.2 km/sec—a quantity that might be just detectable with the most powerful Coudé spectrographs in existence. A planet ten times the mass of Jupiter would be very easy to detect, since it would cause the observed radial velocity of the star to oscillate with ± 2 km/sec. This is correct only for those orbits whose inclinations are 90° . But even for more moderate inclinations it should be possible, without much difficulty, to discover planets of 10 times the mass of Jupiter by the Doppler effect.

Otto Struve 1952 yılında, dikine hız yöntemiyle o günün olanakları ile dahi Güneş benzeri bir yıldızın etrafında 0.02 AB yarı büyük eksen uzunluklu bir yörüngede dolanan $1 M_{\text{Jüp}}$ kütleli bir gezegenin ($K \sim 200$ m/s) bulunabileceğini öngörmüştür.

There would, of course, also be eclipses. Assuming that the mean density of the planet is five times that of the star (which may be optimistic for such a large planet) the projected eclipsed area is about 1/50th of that of the star, and the loss of light in stellar magnitudes is about 0.02. This, too, should be ascertainable by modern photoelectric methods, though the spectrographic test would probably be more accurate. The advantage of the photometric procedure would be its fainter limiting magnitude compared to that of the high-dispersion spectrographic technique.

Hatta bu gezegenlerin geçiş yöntemiyle ($\delta \sim 0.02$) dahi keşfedebileceğini de düşünmüştür.



Otto Struve (1952)

- ✓ Güneş benzeri bir yıldız etrafında ilk gezegen (51 Peg b)* 1995'te dikine hız tekniğiyle keşfedildi.
- ✓ Yıldızının önünden geçerken "farkedilen" ilk gezegenler: HD209458b (Osiris)** ve OGLE-TR-56b***
- ✓ Bugün itibarı ile 4153 sistemde toplam 5634**** gezegen keşfetmiş durumdayız ve daha binlerce aday cisim var!
- ✓ Üstelik Merkür büyüklüğündeki gezegenlerden, süper Dünyalar ve mini Neptünlere varana dek büyük bir ötegezegen çeşitliliğiyle de karşı karşıyayız!

* Mayor & Queloz (1995)

** Charbonneau vd. (2000)

*** Konacki vd. (2003)

**** 24 Şubat 2024



THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS 2019



James
Peebles

"fiziksel
kozmozlojideki
teorik keşifler"

Michel
Mayor

"Güneş benzeri bir yıldız etrafında
keşfedilen ilk ötegezegen"

Didier
Queloz

- ✓ Dünya benzeri gezegenler bulmayı umuyorduk ama ilk bulduğumuz gezegenler daha çok Jüpiter'e benziyordu!
- ✓ Yıldızının burnunun dibinde dolanan Jüpiter'in birkaç katı kütleyle sahip dev gaz gezegenler!
- ✓ Bu gezegenler hala kafamızı karıştırıyor. Biz gezegen sistemlerinin nasıl oluştuğunu biliyor ama Dünya benzeri gezegenler olup olmadığını merak ediyorduk.
- ✓ Şimdi iDünya benzeri gezegenlerin var olduğunu bulduk ama gezegen sis

Neredeyse Aklımıza Gelen Her Yöntemle Gezegeen Bulduk!

- ✓ Pulsar zamanlaması yöntemiyle (3'ü aynı cismin -PSR B1257 +12b,c,d- etrafında 19 sistemde toplam **22 tane (+0)**)
- ✓ Dikine hız yöntemiyle (822 sistemde toplam **1100 tane (+70)**)
- ✓ Geçiş yöntemiyle (2940 sistemde toplam **3888 tane (+168)**)
- ✓ Doğrudan görüntüleme yöntemiyle (138 sistemde toplam **237 tane (+20)**)
- ✓ Çekimsel mercek yöntemiyle (256 sistemde **278 tane (+51)**)
- ✓ Çift yıldız zamanlama yöntemiyle (21 sistemde **31 tane (+0)**)
- ✓ Gezegeen geçiş zamanlama yöntemiyle (25 sistemde **29 tane (+3)**)
- ✓ Astromi yöntemiyle (2 sistemde 2 tane) – **Gaia ile belki binlerce !**

Tüm sayılar exoplanet.eu kataloğundan alınmış olup 20 Şubat 2024 tarihi itibarı ile günceldir.



Volume 511, Issue 4
April 2022
(In Progress)

Article Contents

ABSTRACT

1 INTRODUCTION

2 OBSERVATIONS AND DATA

3 LIGHT-CURVE MODELLING

4 ECLIPSE TIMINGS ANALYSIS

5 DYNAMICAL STABILITY OF
THREE PLANET MODEL

6 CONCLUSIONS

Detection of two additional circumbinary planets around Kepler-451

Ekrem Murat Esmer ✉, Özgür Baştürk, Selim Osman Selam, Sinan Aliş

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 511, Issue 4, April 2022, Pages 5207–5216, <https://doi.org/10.1093/mnras/stac357>

Published: 10 February 2022 **Article history** ▾

“ Cite 📄 Permissions 📄 Share ▾

ABSTRACT

We announce the detection of two new planetary-mass companions around Kepler-451 binary system in addition to the one detected previously based on eclipse timing variation analysis. We found that an inner planet with 43 d period with a minimum mass of $1.76 M_{\text{Jup}}$ and an outer one with a ~ 1800 d orbital period with a minimum mass of $1.61 M_{\text{Jup}}$ can explain the periodic variations in the residuals of the one-planet fit of the eclipse timings. We updated the orbital period of the middle planet as 406 d, and determined its eccentricity as 0.33. The newly discovered outer planet is also on an eccentric orbit (0.29), while the innermost planet was assumed to have a circular orbit. All three Jovian planets have similar masses, and our dynamical stability test yields that the system is stable.



Advertisement



83 View Metrics

Email alerts

Article activity alert
Advance article alerts
New issue alert
In progress issue alert



Zamanlama Yöntemiyle İki Yeni Ötegezegen Keşfi

TÜBİTAK 1001 Programı desteği kapsamında, Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünden Doç. Dr. Özgür BAŞTÜRK yürütücülüğündeki "Zamanlama Yöntemiyle Ötegezegen Keşfi" başlıklı projede **iki gezegen keşfedildi**. Türkiye'de ilk kez çift yıldızlar etrafında gezegen keşfi gerçekleşti.

Kepler - 451 sistemi



Kepler - 451c

1.336 Işık Yılı

Uzaklıkta

1 yörünge yılı

43 gün

Keşifte TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin
1 m çaplı T100 teleskobu da
gözlem amaçlı kullanıldı.

Kepler - 451d

1.336 Işık Yılı

Uzaklıkta

1 yörünge yılı

1.800 gün



Bu keşifle Kepler-451 sisteminde daha önce keşfedilmiş olan bir gezegene ilave olarak Jüpiter boyutlarında iki dev gezegen daha keşfedilmiş oldu.



tubitak.gov.tr

Kepler-451

Çift Yıldız Etrafında İki Yeni Gezegen Keşfi

Ekrem Murat Esmel [Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Astrofizik Anabilim Dalı

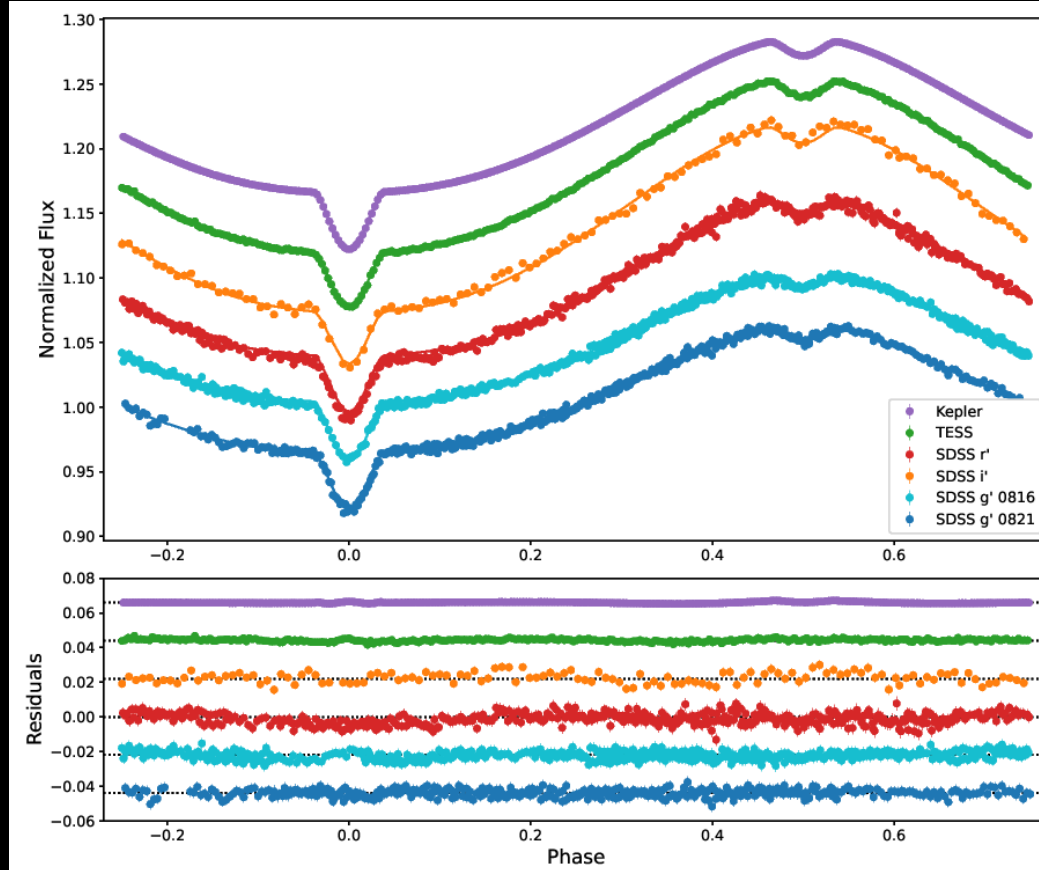
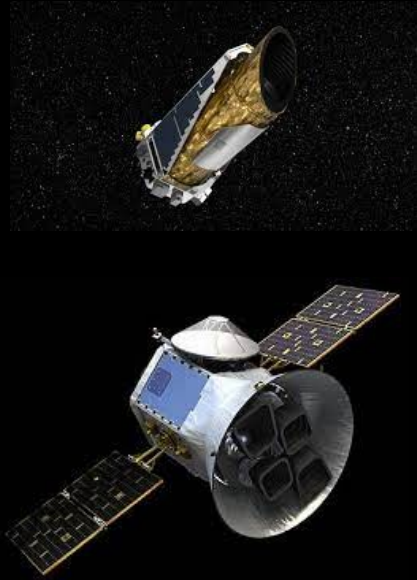


Kepler - 451 çift yıldız sisteminde iki yeni gaz devi gezegen keşfedildi. Bu keşiflerle birlikte toplam üç gezegen barındırdığı bilinen bu çift yıldız sistemi, sıra dışı özellikleri ile de dikkat çekici. Biri yaklaşık 29.000 °C, diğeri 2.900 °C yüzey sıcaklığına sahip bileşenleri ortak bir kütle merkezinin etrafında üç saatte bir tur atıyor. 1,5 ile 2,0 Jüpiter kütlesi arasındaki üç gezegen ise 43 gün, 406 gün ve 1.800 günlük sürelerde çift yıldızın etrafında dolanıyor. Ankara Üniversitesinden araştırmacılar olarak yaptığımız bu iki gezegen keşfi ile Kepler - 451 sistemi çift yıldızlar etrafında dolanan ve üç gezegen barındırdığı bilinen ikinci sistem oldu.

<https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/makale/kepler-451>

Bilim ve Teknik Nisan 2022

Kepler-451 Sistemi



Kepler-451

sdB Bileşen

$T_1 \sim 29550 \text{ K}$

$M_1 = 0.48 M_\odot$

$R_1 = 0.20 R_\odot$

dM Bileşen

$T_2 \sim 2850 \text{ K}$

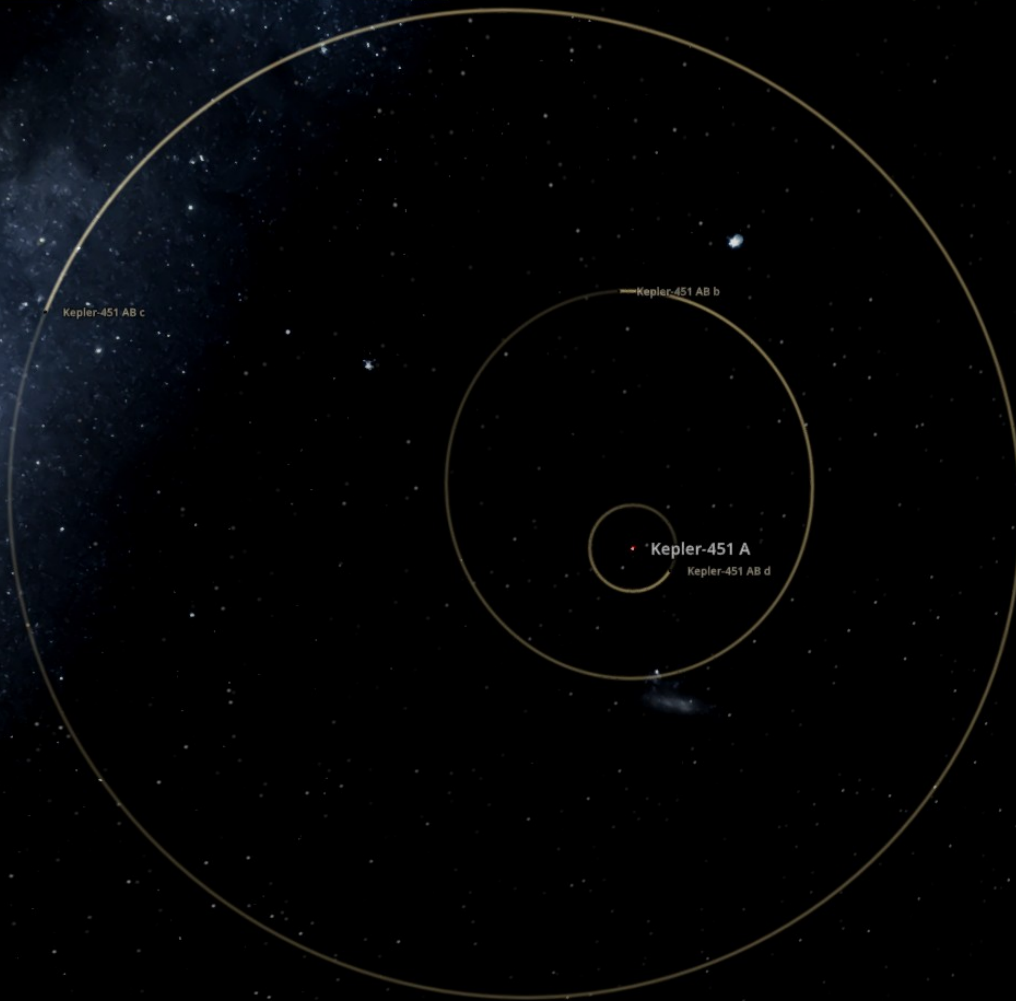
$M_2 = 0.12 M_\odot$

$R_2 = 0.17 R_\odot$

$P_{\text{yör.}} \sim 3^{\text{sa}} 1^{\text{dk}}$

6^{sn}

$a = 0.89 R_\odot$

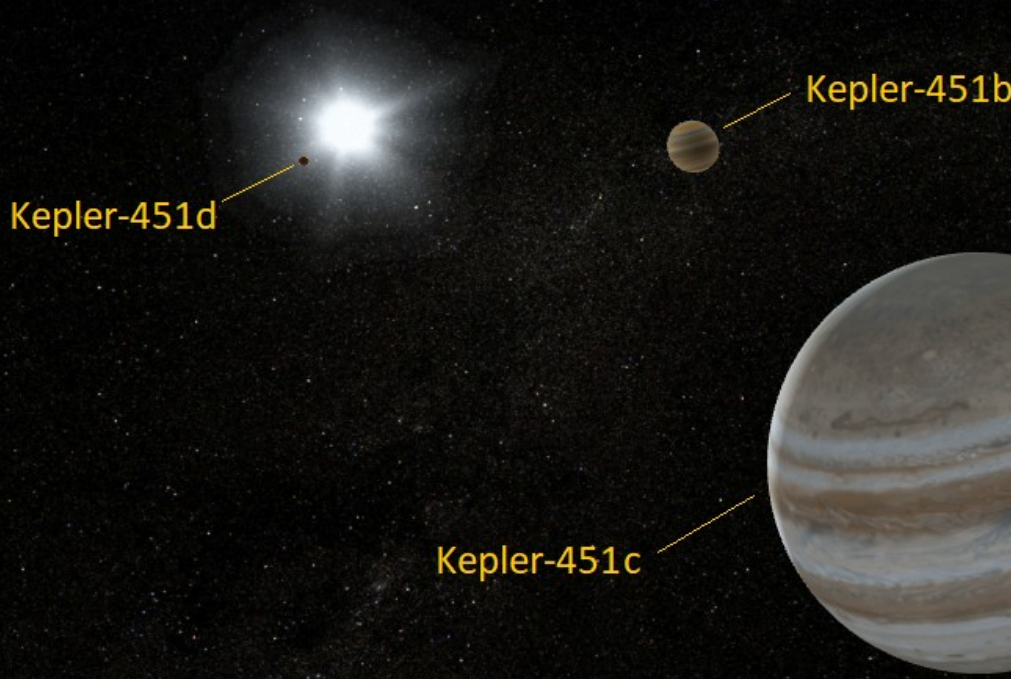


Kepler-451b
Yörünge Dönemi: 406 gün

Kepler-451c
Yörünge Dönemi: 1800 gün

Kepler-451d
Yörünge Dönemi: 43 gün

Kepler-451 çift sistemi etrafında Jüpiter kütlesinden büyük 2 yeni dev gezegen keşfi

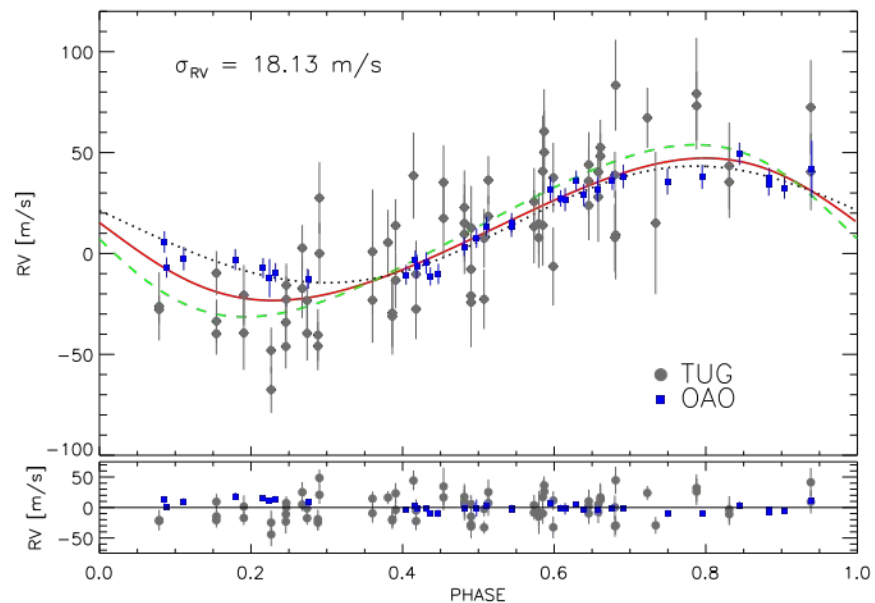
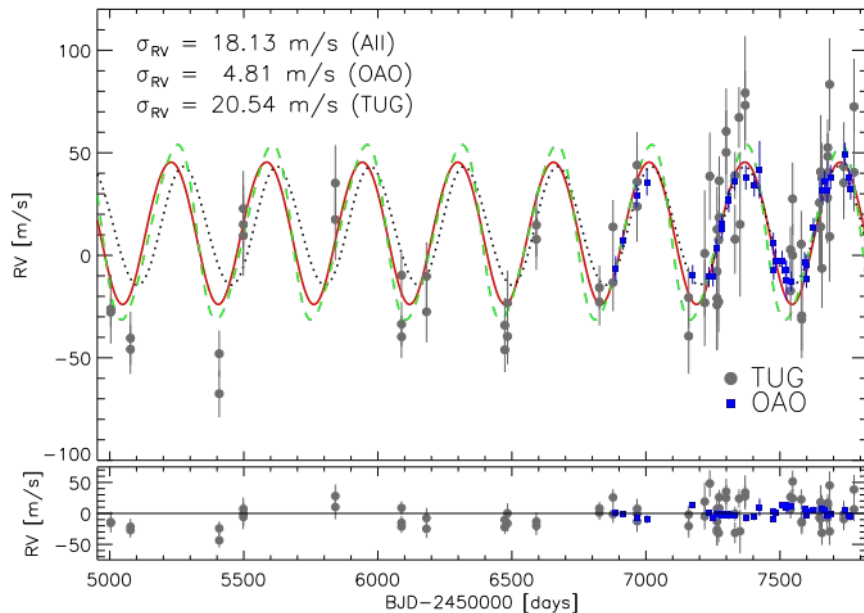


Kepler-451b
Yörünge Dönemi: 406 gün
Min. Kütle: 1.86 M_J
Yıldızına uzaklığı: 0.9 AB

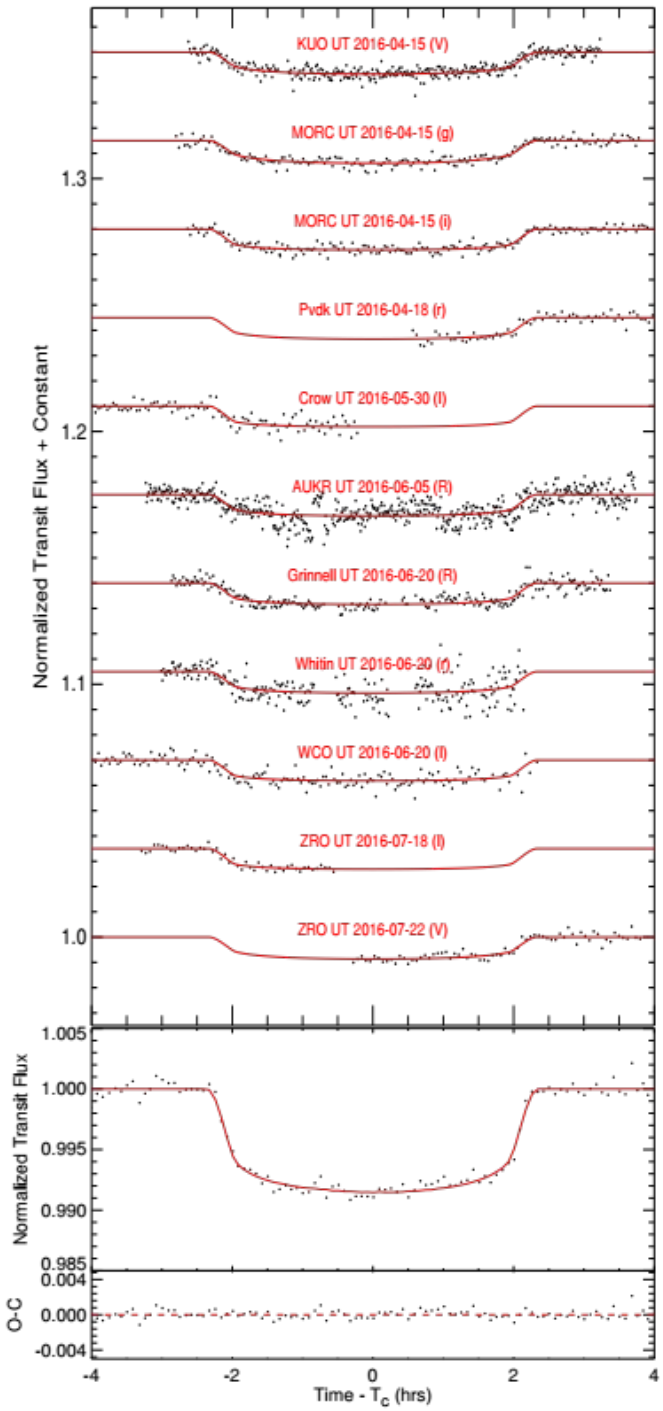
Kepler-451c
Yörünge Dönemi: 1800 gün
Min. Kütle: 1.61 M_J
Yıldızına uzaklığı: 2.1 AB

Kepler-451d
Yörünge Dönemi: 43 gün
Min. Kütle: 1.76 M_J
Yıldızına uzaklığı: 0.2 AB

HD208897b, Yılmaz vd. 2017

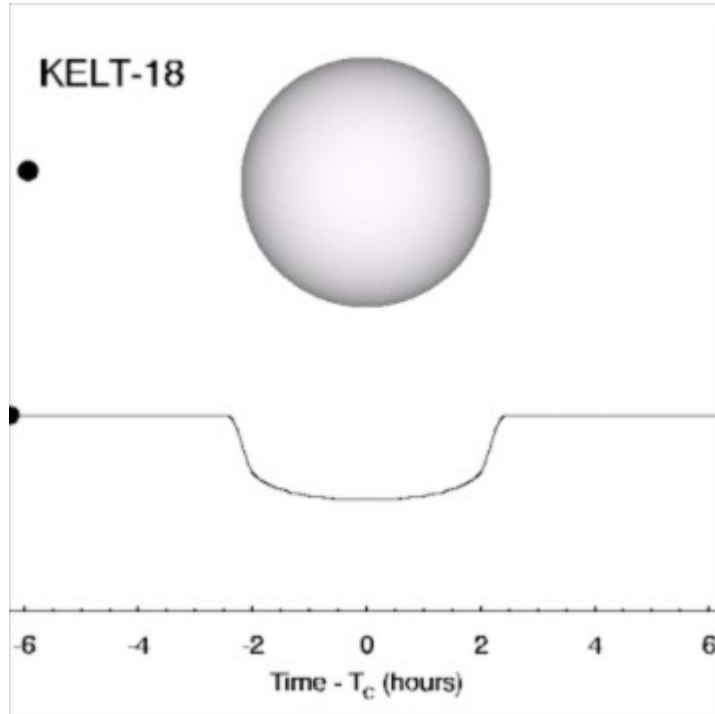


Parameter	TUG+OAO	OAO	TUG
P (days)	352.7 ± 1.7	349.7 ± 3.3	353.6 ± 2.7
K_1 (ms^{-1})	34.7 ± 2.2	28.9 ± 1.2	42.7 ± 5.5
e	0.07 ± 0.06	0.04 ± 0.03	0.15 ± 0.11
ω (deg)	167 ± 83	297 ± 64	89 ± 42
V_0 (ms^{-1})	12.1 ± 1.8	14.1 ± 0.9	11.2 ± 3.8
T_p (BJD-2450000)	5036 ± 82	6961 ± 54	4971 ± 46
$m_2 \sin i$ (M_J)	1.40 ± 0.08	1.16 ± 0.05	1.70 ± 0.18
a (AU)	1.05 ± 0.03	1.04 ± 0.03	1.05 ± 0.03
$f_1(m)$ ($10^{-9} M_\odot$) ..	1.5 ± 0.3	0.8 ± 0.1	1.7 ± 0.6
$a_1 \sin i$ (10^{-3}AU) ..	1.1 ± 0.1	0.9 ± 0.2	1.4 ± 0.3
σ_{jitter} (ms^{-1})	12.0	4.0	12.0
ΔRV (ms^{-1})	13.63	-	-
N_{obs}	107	34	73
RMS (ms^{-1})	18.13	4.81	20.54
Reduced $\sqrt{\chi^2}$	0.95	0.96	1.01



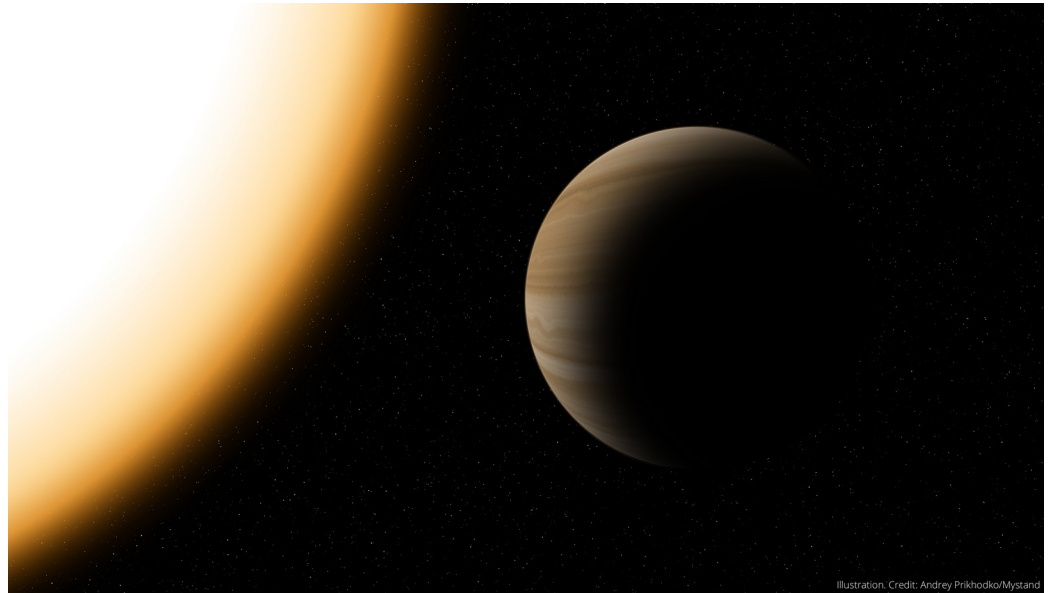
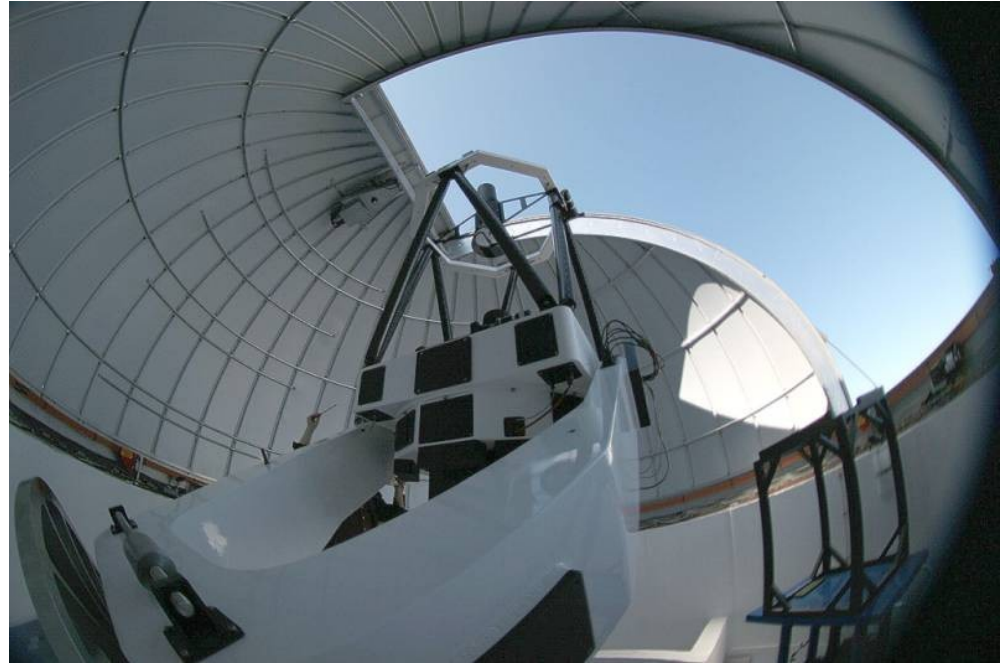
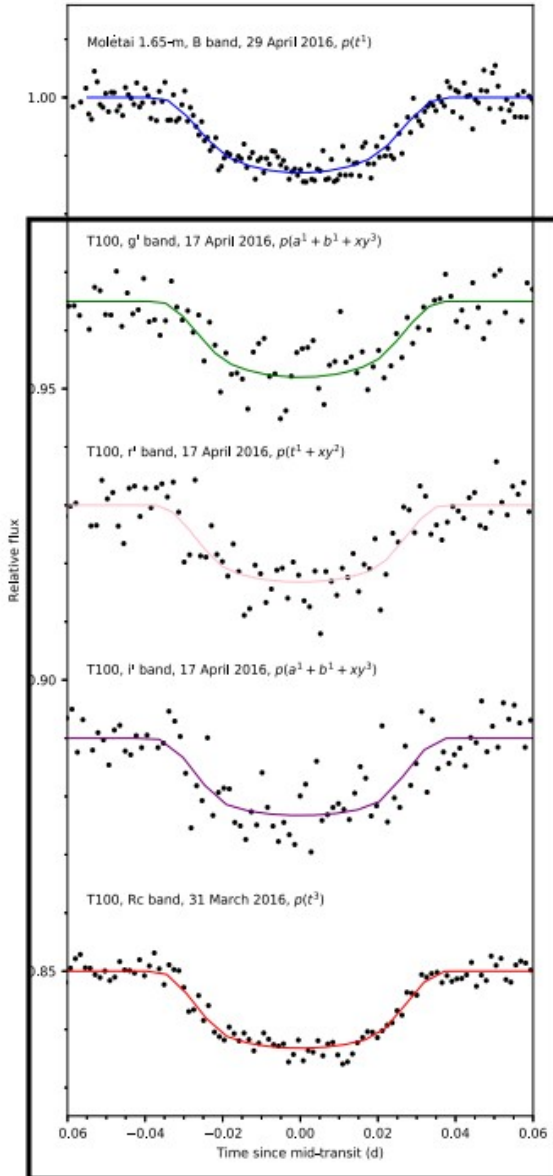
KELT-18b, McLeod et al. 2017





© KELT Follow-Up Network

KPS-1b Burdanov vd. (2018)

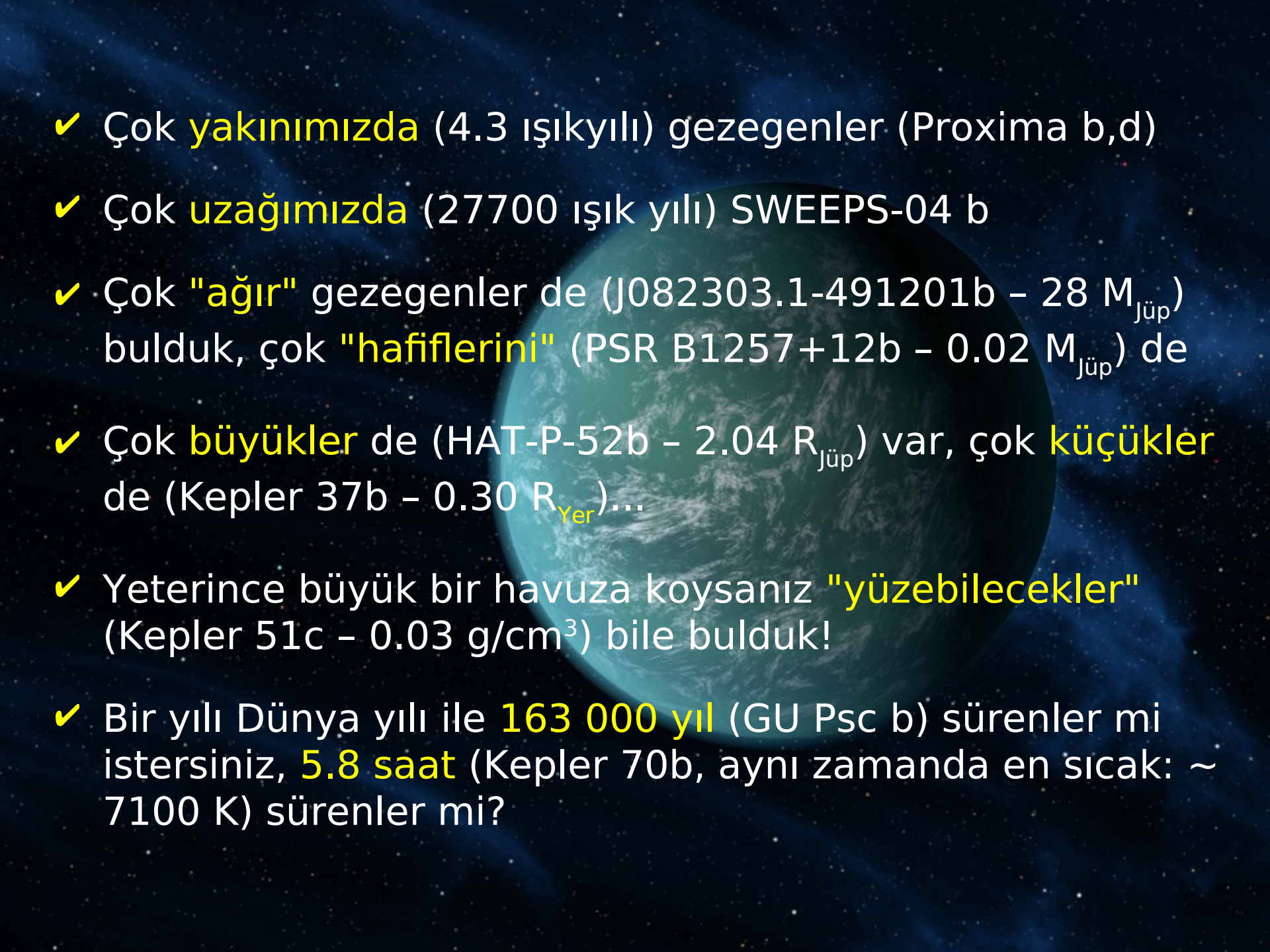


Her Türden Yıldızın Etrafında Gezegen Bulduk!

- ✓ Nötron yıldızlarının (PSR B1257+12b,c)
- ✓ Güneş benzeri yıldızların (51 Peg b)
- ✓ Kırmızı cücelerin (Gliese 876b, Proxima b)
- ✓ Beyaz cücelerin (WD 1856+534 b)
- ✓ Kahverengi cücelerin (2M1207 b)
- ✓ Dev yıldızların (Iota Dra b)
- ✓ Çok sıcak yıldızların (NSVS 1425 (AB), 42000 K)
- ✓ Başiboş gezenler (**kahverengi cüce altı cisimler**) bile bulduk (PSO J318.5-22 (Liu vd. 2013), SDSS J111010.01 +011613.1 (Gagne vd. 2015))

Çoklu Yıldız Sistemi Gezegenleri Tattoine'ler

- ✓ Çift sistemlerin etrafında (Kepler-451 b,c,d)
- ✓ Çift sistem üyelerinden birinin etrafında (55 Cnc b)
- ✓ Üçlü bir yıldız sisteminde (16 Cygni Bb)
- ✓ Dörtlü bir yıldız sisteminin iki üyesinin etrafında (Kepler 64b)
- ✓ Hatta dörtlü bir yıldız sistemindeki yıldızlardan birinin etrafında (30 Ari BAb)

- 
- ✓ Çok **yakınımızda** (4.3 ışık yılı) gezegenler (Proxima b,d)
 - ✓ Çok **uzağımızda** (27700 ışık yılı) SWEEPS-04 b
 - ✓ Çok **"ağır"** gezegenler de (J082303.1-491201b – $28 M_{\text{Jüp}}$) bulduk, çok **"hafiflerini"** (PSR B1257+12b – $0.02 M_{\text{Jüp}}$) de
 - ✓ Çok **büyükler** de (HAT-P-52b – $2.04 R_{\text{Jüp}}$) var, çok **küçükler** de (Kepler 37b – $0.30 R_{\text{Yer}}$)...
 - ✓ Yeterince büyük bir havuza koysanız **"yüzebilecekler"** (Kepler 51c – 0.03 g/cm^3) bile bulduk!
 - ✓ Bir yılı Dünya yılı ile **163 000 yıl** (GU Psc b) sürenler mi istersiniz, **5.8 saat** (Kepler 70b, aynı zamanda en sıcak: $\sim 7100 \text{ K}$) sürenler mi?

Ötegezegen İsimlendirmeleri

Tanımı gereği başka bir cismin etrafında bulunduğu için ötegezegenlerin isimlendirmelerinde bu cismin (yıldız, yıldız kalıntısı ya da kahverengi cüce) kataloglarda sık kullanılan isminin yanına (“a” harfini merkezi cisme bırakarak) Latin alfabesinin küçük harfleri b, c, d, ... harfleri kullanılır. Bir sistemde ilk keşfedilen gezegen “b” harfiyle gösterilirken, ikincisi “c”, üçüncüsü “d” şeklinde isim verilir. Büyük harfler (A,B,AB,C,...) ise yıldız ya da kahverengi cüce bileşenler için kullanılır.

Örnekler:

- **Yıldız isimleri ile adlandırılanlar:** Proxima b, Barnard b, Teegarden b...
- **Parlaklık Sıralaması ile adlandırılanlar:** Beta Pic b, 51 Peg b, tau Cet b...
- **Değişen yıldız isimleriyle adlandırılanlar:** AU Mic c, CI Tau b, V839 Sco b...
- **Araştırmanın ismiyle adlandırılanlar:** WASP-43 b, Kepler-220 d, TOI 1052 b (TESS Object of Interest), Qatar-10 b, HAT-P-23 b, XO-3 b, TrES-4 b, CoRoT-2 b, KPS-1 b...
- **Katalog ismiyle adlandırılanlar:** HD 208897 b, HD 209458 b, GJ 667 C c, OGLE-2007-BLG-349L AB c
- **Sonradan adlandırılanlar:** HD 209458 b: Osiris, 51 Peg b: Dimidium, WASP-52 b: Göktürk...

Kepler-9 c



Yıldızın
adı



Bu sistemde
keşfedilen 2.
gezegen

GJ 667C c



Üçlü yıldız
sistemi
GJ667'nin 3.
bileşeni (C)



Bu bileşenin
etrafında
keşfedilen 2.
gezegen (c)

HIP 79098 AB b

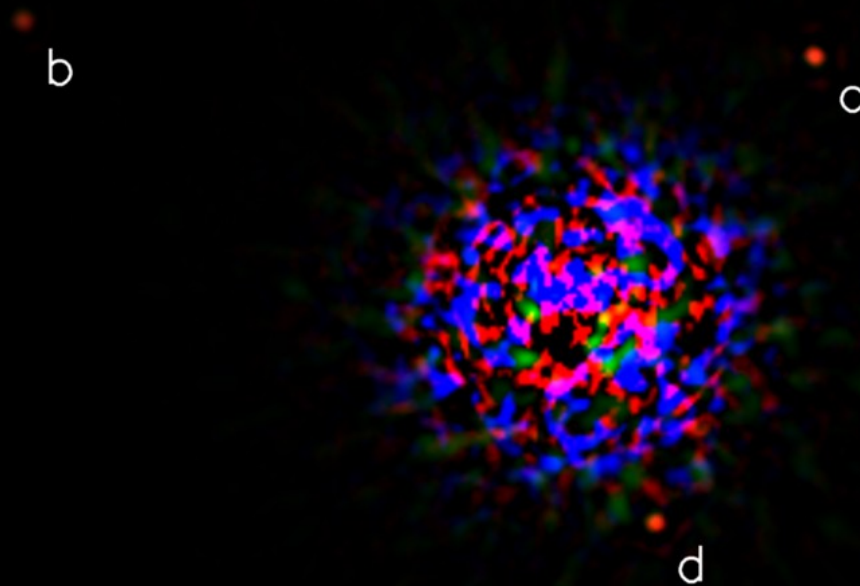


Çift yıldız sisemi
HIP 79098'in her iki
bileşeninin (AB)
etrafında



Bu sistemde
keşfedilen ilk
gezegen (b)

HR 8799 Planetary System (Sept. 2008)



0.5 arcsec
20 AU

Ötegezegen Araştırmalarının Cevap Vermeye alıştığı 5 Büyük Soru*

- 1 Gezegenler Nasıl Oluřur?
- 2 Evrende (řimdilik galaksimizde) hangi tür gezegenler var?
- 3 Gezegenler zamanla nasıl evrimleřiyor?
- 4 Güneş Sistemimiz nadir bulunabilecek bir gezegen sistemi midir?
- 5 Dünya nadir bir bulunabilecek bir gezegen midir?
- 6 **Bonus:** Evrende yalnız mıyız?

* <https://rockyworlds.wordpress.com/2018/04/08/the-five-biggest-questions-in-exoplanet-science-post-1-6/>