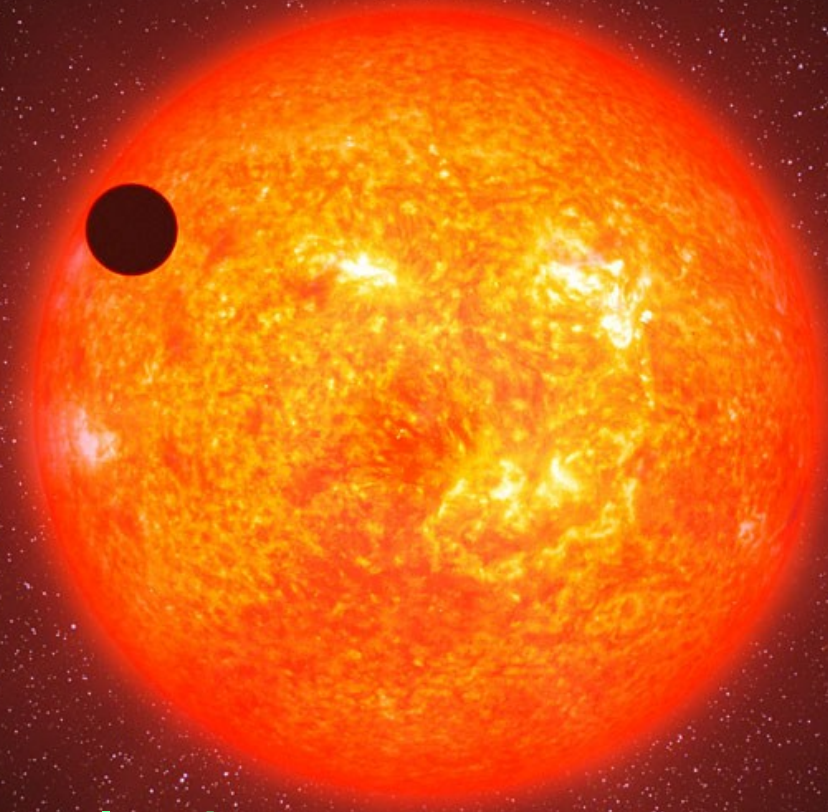




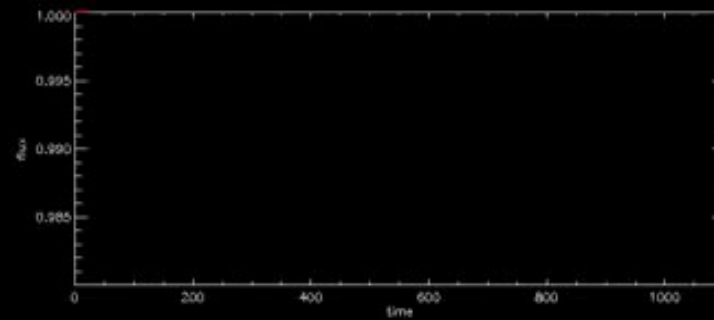
AST418

Gezegen Sistemleri
ve Oluşumu

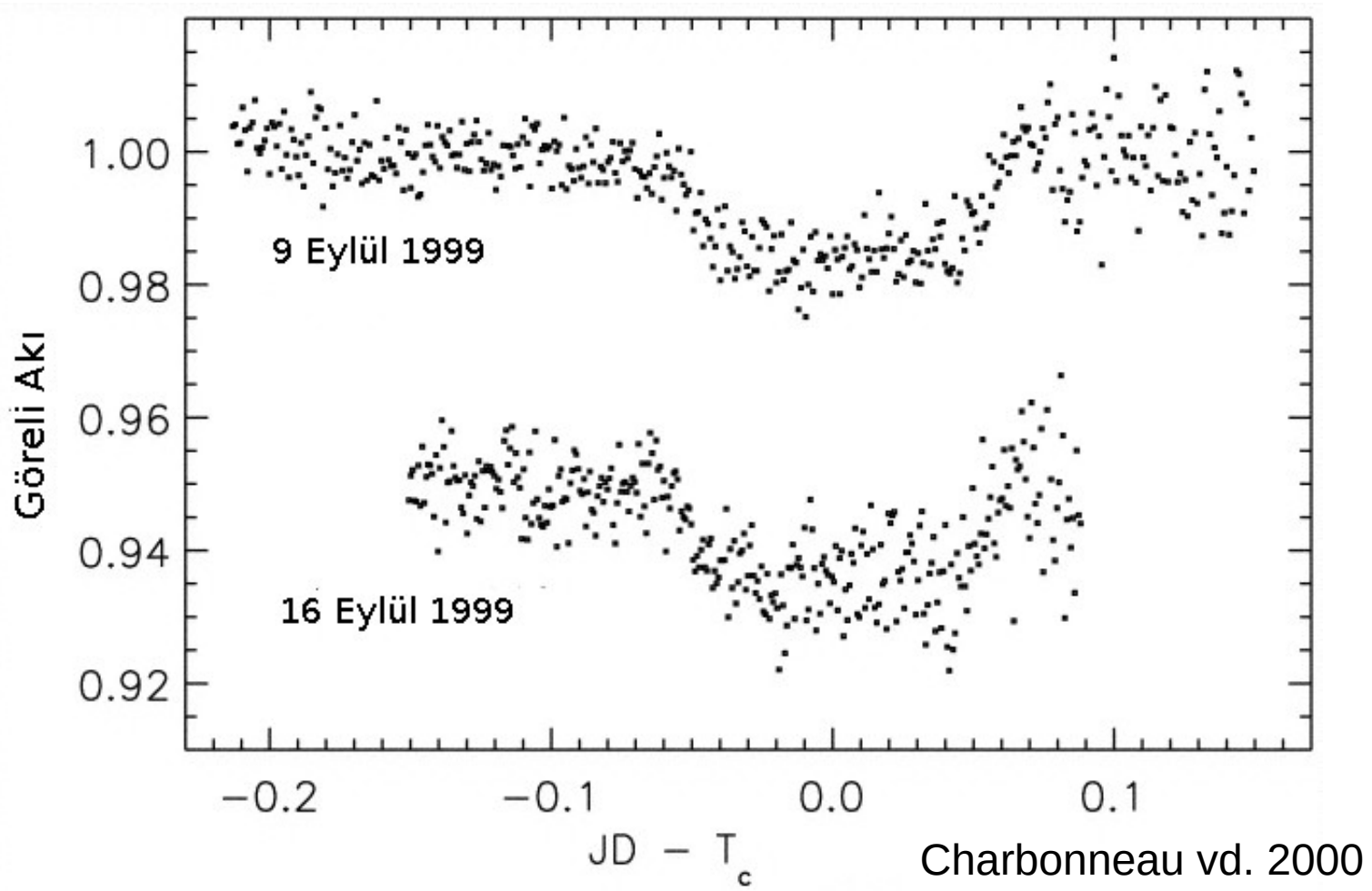
Ders 5a : Geçiş Yönteminin Temelleri

Geçiş Yöntemi

HDR Interactogram: 2000.05.21_08:18

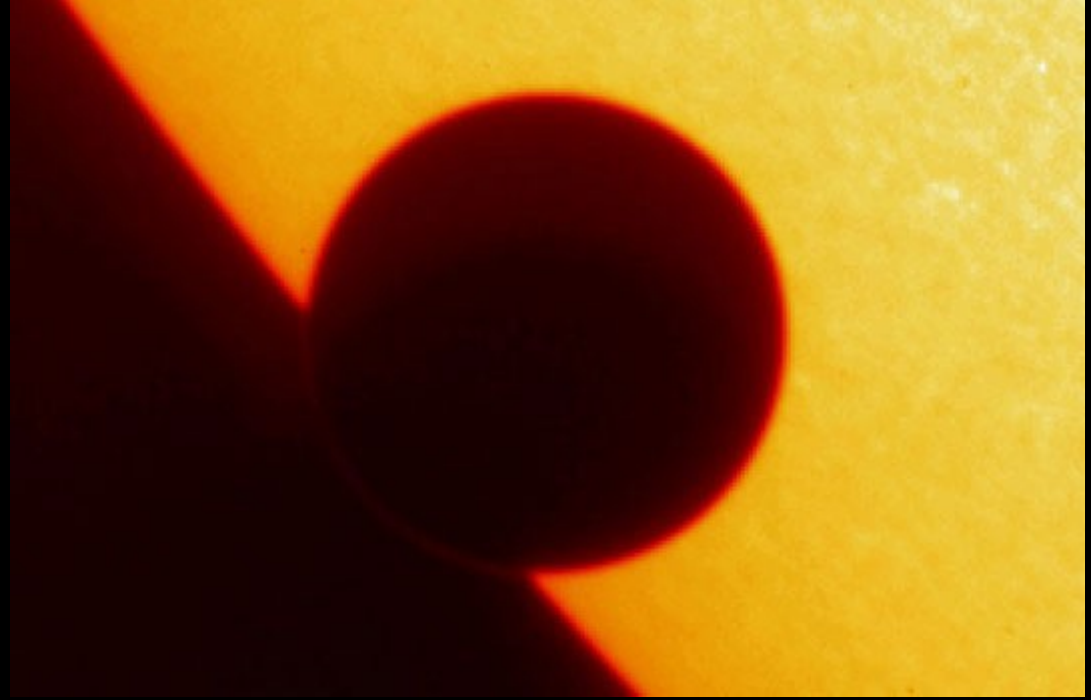


HD 209458 b



2000 yılında David Charbonneau dikine hız yöntemiyle keşfedilmiş HD 209458 b'nin bir geçişini gözledi. Bu ilk gezegen geçiş gözlemidir, ancak gezegen bir dikine hız keşfidir. Charbonneau, cismin yörünge parametrelerini dikine hızdan bildiği için teleskobunu, yapıyorsa geçişini gözlemek üzere ne zaman cisme doğrultması gerektiğini biliyordu. Ancak, gezegenin gözlemciyle arasından geçiş yapmak gibi bir zorunluluğu da yoktur.

Venüs Geçişi

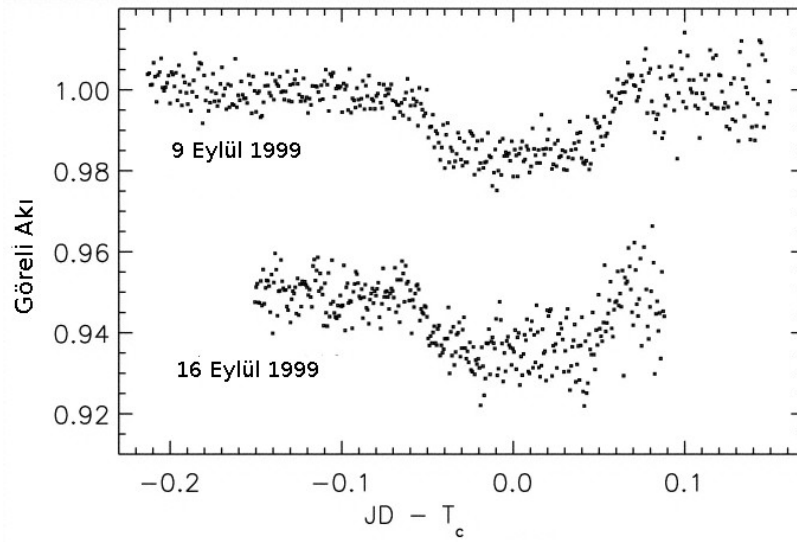


Aslında gezegen geçişlerini Merkür ve daha büyük olduğu için daha iyi bir örneği olan Venüs'ün geçiş gözlemlerinden gayet iyi biliyoruz.

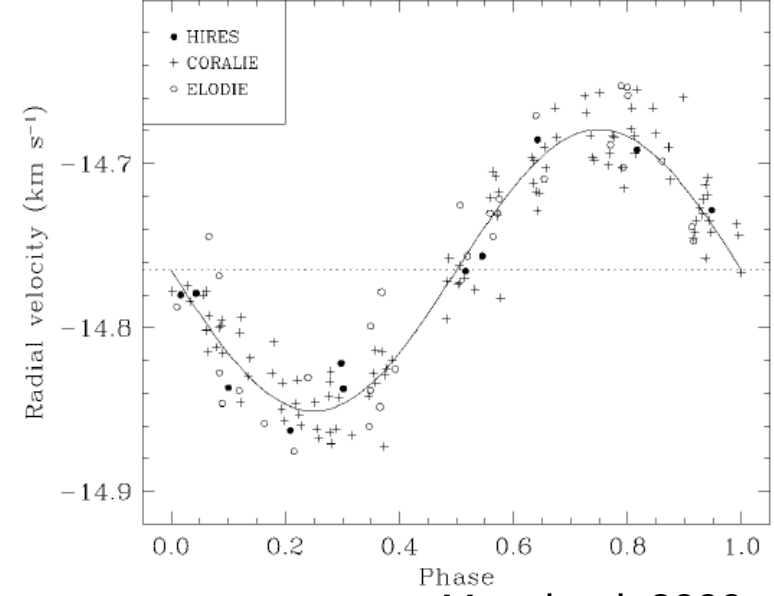
Venüs örneğinde gördüğümüz gibi gezegen yıldızın önünden geçerken, yıldızın ışığı gezegenin (varsa) atmosferinin içinden geçerek bize ulaşır. Bu da -ideal durumda- gezegenin atmosferini çalışmamıza olanak sağlayabilir.

Sıcak Jüpiterler Gerçekten Var!

51 Peg b keşfinden sonra sıcak Jüpiterlerin (yıldızına 1/20 AB'den daha yakın dev gaz gezegenler) yıldızlarına bu kadar yakın oluşup oluşamayacakları, sistemin başka bir yerinden göç etmiş olabilme olasılıkları hatta var olup olmadıkları uzun süre tartışıldı. Ancak bu cisimlerin yarıçaplarının (R_p) büyük olması ve yıldızlarına yakınlıkları (a), daha büyük geçiş ışık değişim genliği ve daha kısa geçiş dönemi nedeniyle onların geçiş yöntemiyle keşfedilme olasılıklarını da arttırdığından, bu yöntemle diğer gezegenlere göre daha kolay keşfedilmelerini de sağladı. Dikine hız tekniğiyle keşfedilen HD 209458b, geçiş de gösteriyordu ve dikine hız ölçümleriyle, geçiş gözlemleri birlikte değerlendirildiğinde bu sıcak Jüpiter türü gezegenin gerçekten var olduğu kanıtlanmış oldu!

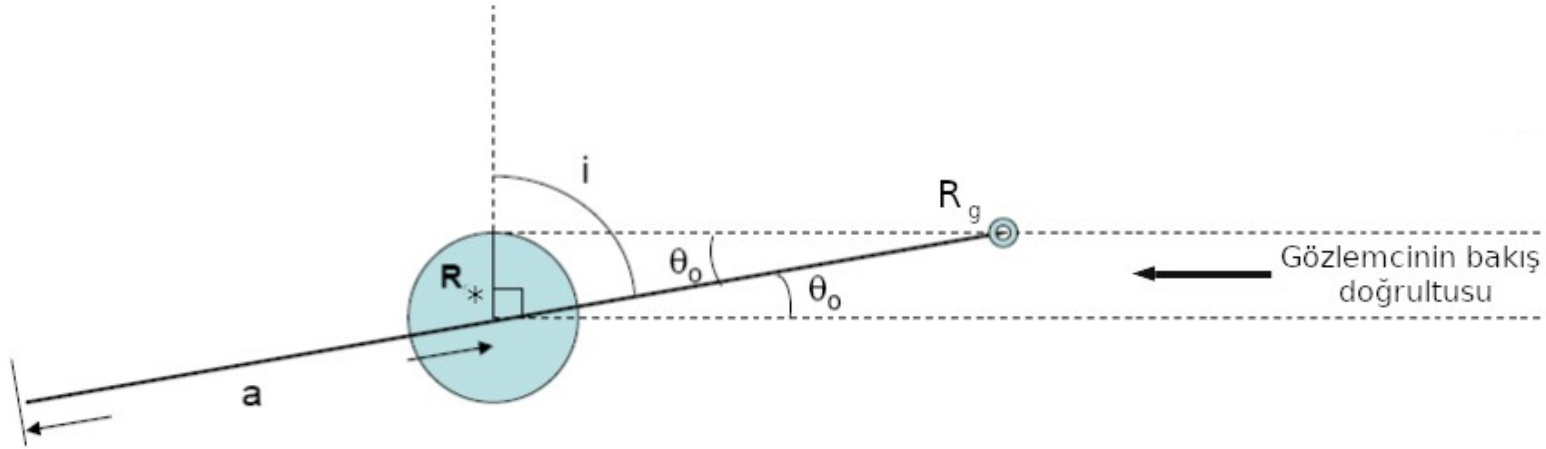


Charbonneau vd. 2000



Mazeh vd. 2000

Geçiş Olasılığı



Öncelikle gezegenin yörüngesinin çembersel ($e = 0$) olduğunu varsayalım. Bu durumda gezegenin gözlemcinin bakış yönü doğrultusunda yıldızla arasından (sıyrarak da olsa) geçmesi için yörüngenin yarı-büyük eksen uzunluğu a 'nın $\cos i$ çarpanı kadar kısaltılmış kesitinin ($a \cos i$) yıldızın yarıçapı ile gezegen yarıçapı toplamından ($R_* + R_g$) küçük olması gerekir ($a \cos i \leq R_* + R_g$). Gezegen diskinin tamamının yıldız önünden geçmesi için sağlanması gereken koşul ise $a \cos i \leq R_* - R_g$ olur. Bu iki durum yukarıdaki şekilde de görülebilir.

Bu geometrik durumu olasılık cinsinden ifade edebilmek için θ açısının kosinüsüne başvurulabilir. Zira bu açı sıfır olduğunda ($\theta = 0$) gezegen yıldızın tam önünde olur ve geçiş olasılığı $\cos \theta = 1$ olur. Gezegenin geçişinin gözlenebileceği θ değerleri $0 \leq \theta \leq \theta_0$ aralığına karşılık gelir. θ için olası değerler $0 \leq \theta \leq \pi/2$ olacağından;

$$P = \frac{\int_0^{\theta_0} \cos \theta d\theta}{\int_0^{\pi/2} \cos \theta d\theta} = \frac{\sin \theta_0}{1} = \sin \theta_0 = \frac{R_* + R_g}{a}$$

$R_g \ll R_*$ kabulü altında

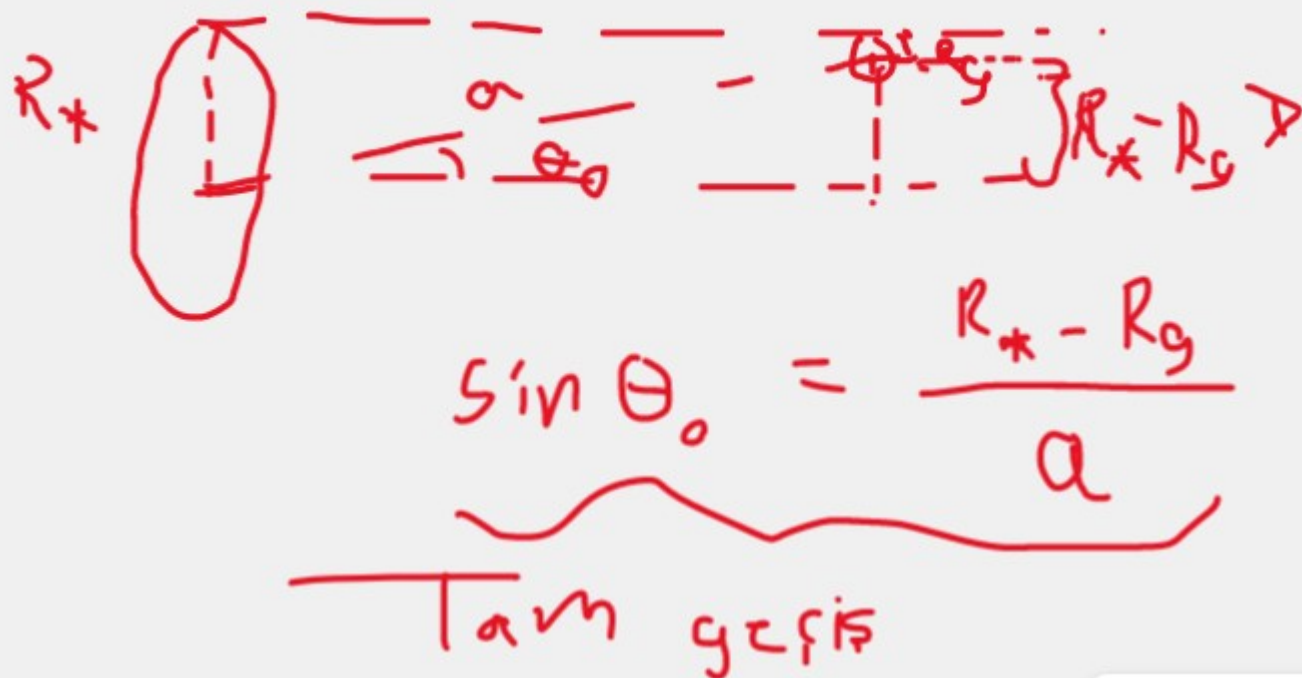
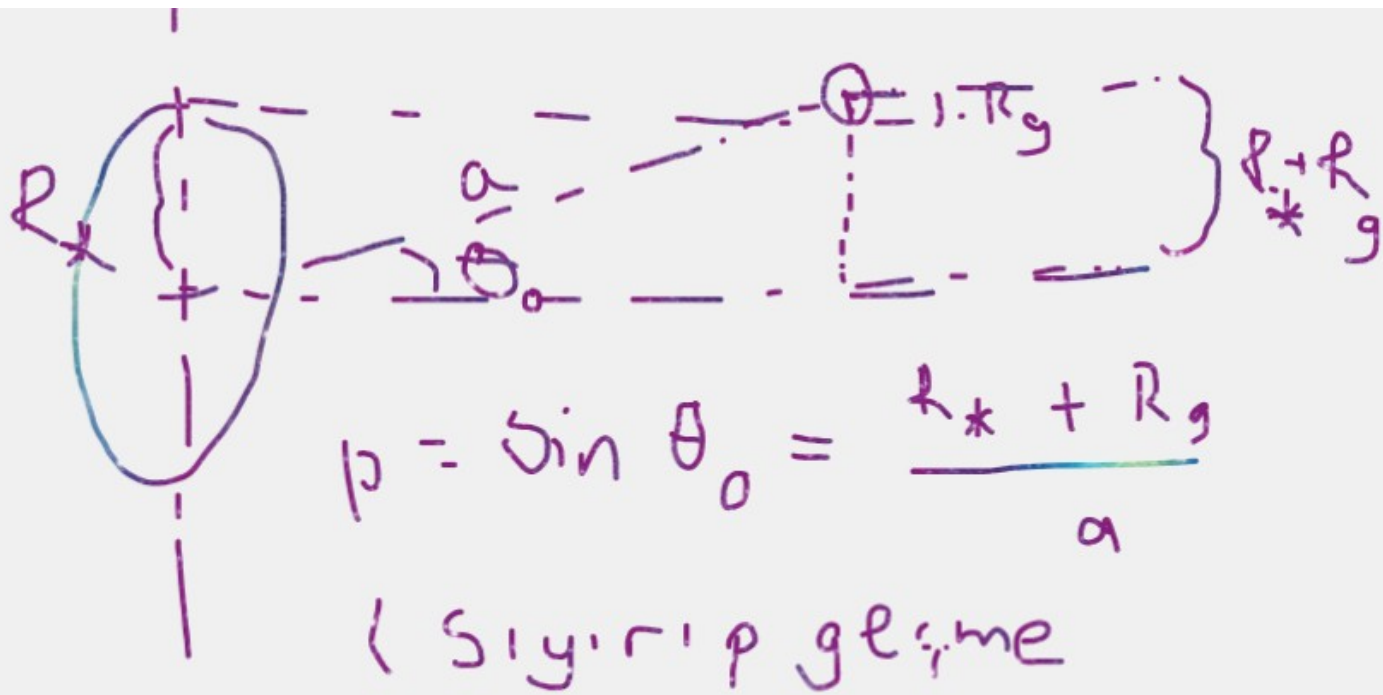
gezegen diskinin tamamının yıldız önünden geçmesi (ing. **full transit**) için

gezegen diskinin sıyrarak da olsa yıldız önünden geçmesi (ing. **grazing transit**) için

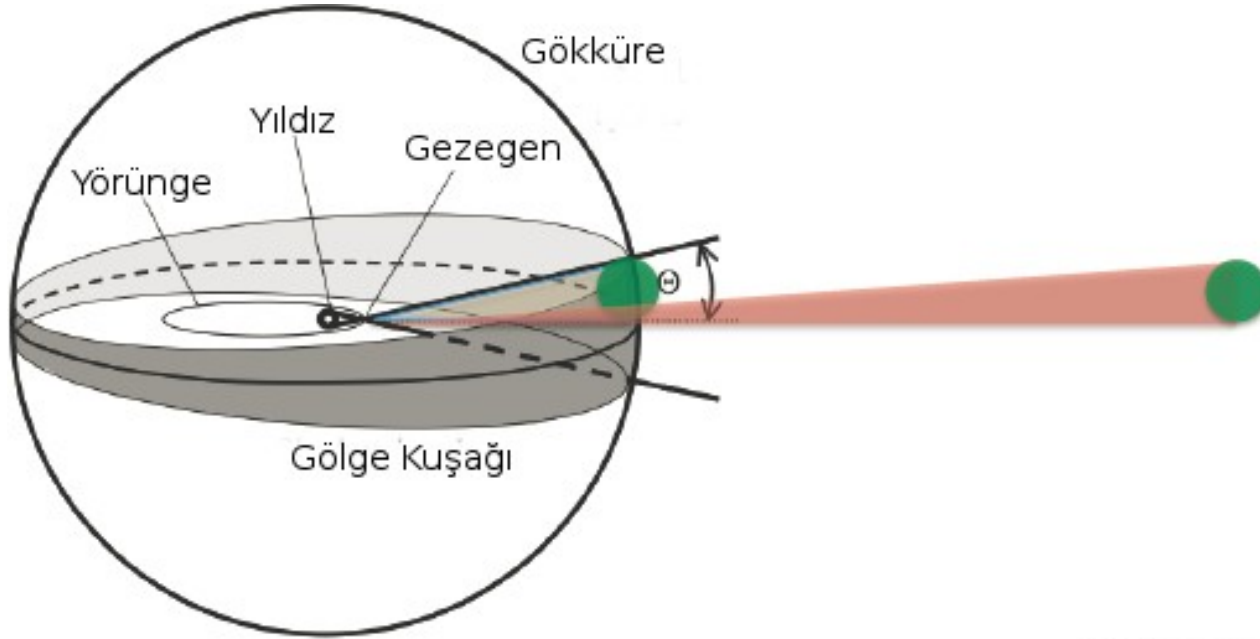
$$P \sim \frac{R_*}{a}$$

$$P = \frac{R_* - R_g}{a}$$

$$P = \frac{R_* + R_g}{a}$$



Geçiş Olasılığı



Winn vd. 2010

Gezegen diskinin yıldız diski tarafından örtülme olasılığı da benzerdir. Ancak yörünge'nin diğer tarafında gerçekleşir. Yörünge'nin dış-merkezliliğinin ihmal edilmemesi halinde geçişin yörünge'nin hangi noktasında gerçekleştiği önem kazanır. Zira bu durumda geometrik olasılık yörünge'nin uzayda nasıl konumlandığına da bağlı hale gelir. + işareti sıyrarak geçişleri de (grazing transit) içerecek ve - işareti de gezegenin tamamının yıldızın önünde kaldığı tam geçişleri (full transit) ifade edecek şekilde geçiş (ve örtme) olasılıkları aşağıdaki genel şekilde verilir.

$$p_{\text{geçiş}} = \left(\frac{R_* \pm R_g}{a} \right) \left(\frac{1 + e \sin \omega}{1 - e^2} \right)$$

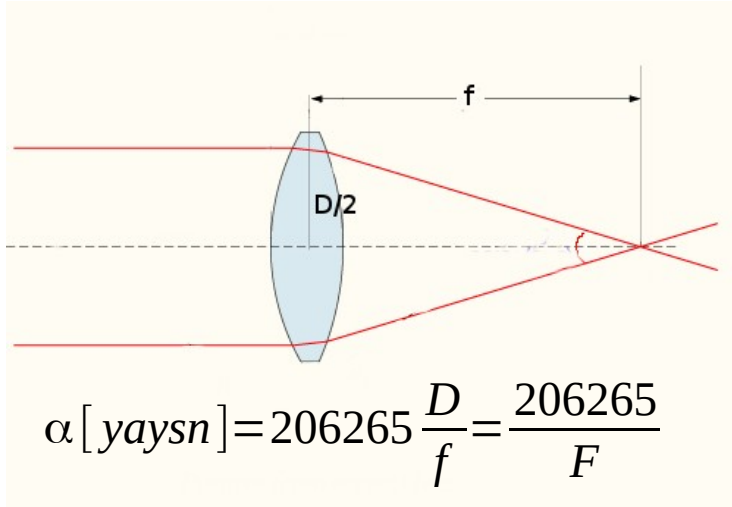
$$p_{\text{örtme}} = \left(\frac{R_* \pm R_g}{a} \right) \left(\frac{1 - e \sin \omega}{1 - e^2} \right)$$

$e = 0$ ve $R_g \ll R_*$ için

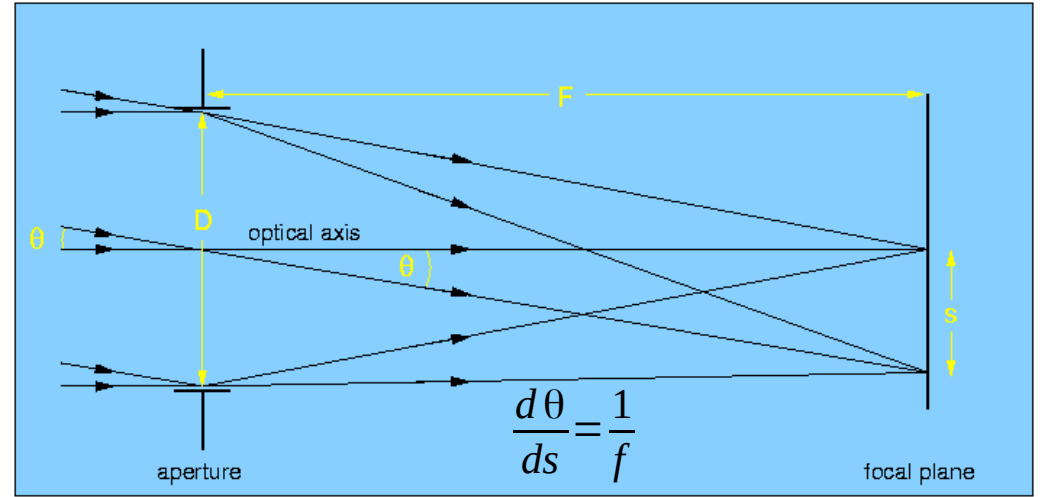
$$p_{\text{geçiş}} = p_{\text{örtme}} \approx \frac{R_*}{a} \approx 0.005 \left(\frac{R_*}{R_{\text{Güneş}}} \right) \left(\frac{a}{1 \text{ AB}} \right)^{-1}$$

Geçiş Yöntemiyle Gezegen Keşfi: Gözlem Düzenekleri

Bir geçişin gözlenme olasılığı bu kadar küçük olduğu için araştırmacılar aynı anda çok sayıda yıldız uzun süre gözlemlerine olanak sağlayacak düzeneklere yönelmişlerdir. Bu noktada teleskobun **görüş alanı (Field of View, FoV)** önem kazanır. Çok sayıda yıldız aynı anda gözleyebilmek için teleskobun görüş alanının büyük olması istenir. Bu amaçla odak oranı (F) küçük teleskoplar tercih edilir. Ancak bunun da bir limiti vardır. Zira yıldızların birbirinden ayrılmasına olanak sağlayacak bir **plak eşeline** ve **açısal ayırma gücüne** ($\theta = 1.22 \lambda / D$) de ihtiyaç duyulur. Mümkün olduğunca sönük yıldızlar etrafında araştırma yapabilmek için **ışık toplama gücü** de önemlidir ve teleskop çapının karesiyle orantılıdır.



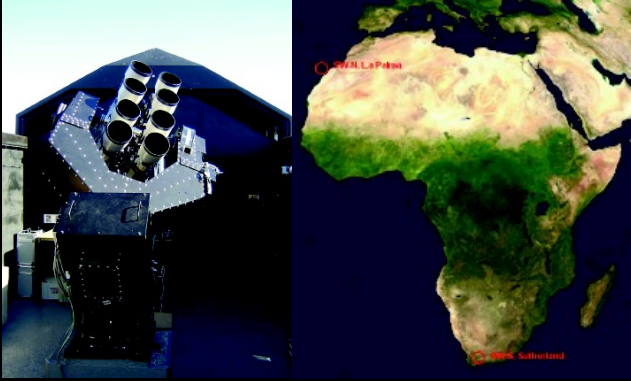
Teleskobun Görüş Alanı



Teleskobun Plak Eşeli

Sonuç olarak tüm bu parametreleri bir denge dahilinde gözeterek optimum görüş alanını elde etmek üzere küçük odak oranlı, küçük çaplı teleskoplardan oluşan bir teleskop dizgesinin kullanılması yoluna gidilmiştir. Görüş alanının tamamının kullanılabilmesi ve hassas ışık ölçümü için yüksek kalitede, birden fazla CCD kamera bir mozaik yapısında kullanılır. Ancak amacın çok sayıda gezegen keşfinden giderek belirli tür nesnelerin (örn. M-tayf türünden yıldızlar) etrafında küçük gezegenler keşfetme yönünde değiştiği günümüzde daha büyük teleskopların farklı stratejiler çerçevesinde kullanılmasına yönelik araştırmalar da geliştirilmiştir.

Geçiş Yöntemiyle Ötegezegen Araştırma Projeleri



Wide Angle Surve for Planets (Super WASP): 11.1 cm'lik 8 teleskop → 61° / kamera. 14"/piksel, İki düzenekle tüm gökyüzü! 2006 - ?, 198 gezegen!



Hungarian Automated Telescope Network (HAT-Net): 11 cm'lik teleskoaplardan oluşan bir düzenek → 64° / kamera. Mount Hopkins / Arizona, Kitt Peak / Hawai, Avustralya, Namibya ve Şili'de kurulu 5 düzeneikle tüm gökyüzü! 2001 - ?, 152 gezegen!



XO: 20 cm'lik iki özdeş teleskop, 7° 25".4 / piksel, Haleakala / Maui, 8 gezegen



Qatar Exoplanet Survey (QES): Super WASP'a özdeş, Arizona'da kurulu 1 düzene. 2009 - ?, 10 gezegen



Trans Atlantic Exoplanet Survey (TrES): Palomar'da 10 cm'lik küçük bir teleskop, 2003-2007, 5 gezegen

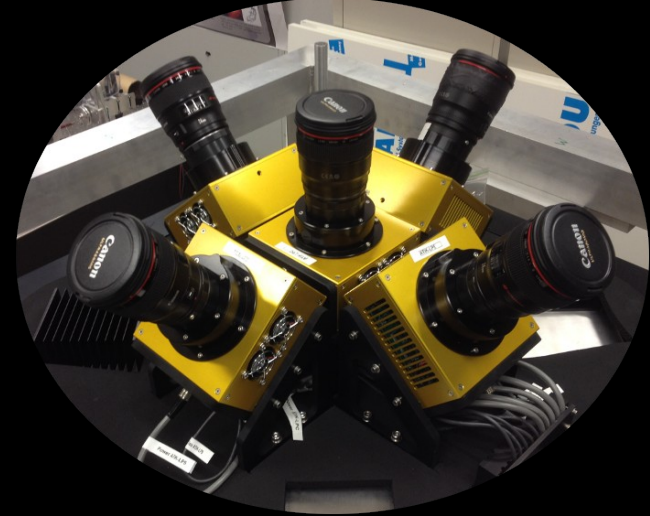


Kilo-Degree Extremely Little Telescope (KELT): 4.2 cm'lik küçük bir kamerayla 26x26°'lik bir görüş alanı. Sutherland / Güney Afrika ve Winer Gözlemevi'nde iki teleskop, 26 gezegen

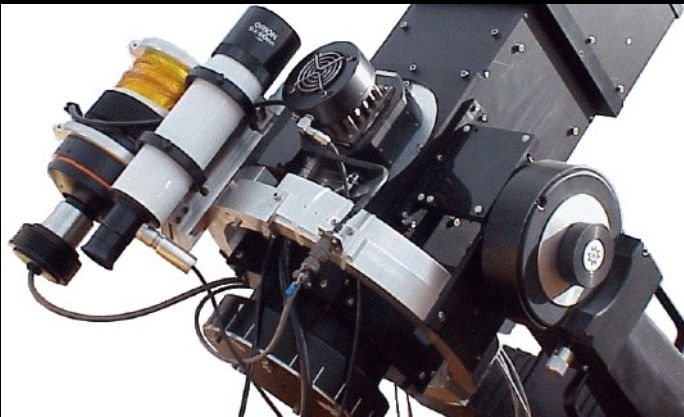
Geçiş Yöntemiyle Ötegezegen Araştırma Projeleri



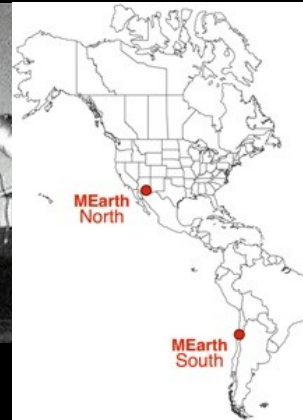
Next Generation Transit Survey (NGTS): 20 cm'lik 12 teleskop → 96 $\square^\circ$, 5"/piksel, Şili Paranal 2016 - ?, 25 gezegen!



Multi-Site All Sky Camera, MASCARA: 2.4 cm'lik beş özdeş Canon kamera, 40° X 70° / kamera, Las Palmas, İspanya ve La Silla, Şili'de 2 düzenek, 2014-?, 5 gezegen.



Stare:: 10 cm'lik bir teleskop, Arizona'da kurulu 1 düzenek. 10.8 "/piksel, 6.2 $\square^\circ$, 2015 - ?, Henüz keşfi yok



The MEarth Project: Mount Hopkins ve Cerro Tololo'da özdeş 40 cm'lik 8 teleskoptan oluşan iki düzenek, M-tayf türünden yıldızlara odaklanmış bir proje, 2014-?, 3 gezegen (LHS-1140b, GJ-1132b, GJ-1214b)



TRAPPIST & Speculoos Surveys: La Silla, Şili'de 60 cm'lik bir teleskopla başlayan araştırma, Cerro Paranal'de 4, Fas ve Meksika'da bir tane 1 m'lik teleskopla devam ediyor, TRAPPIST-1 sistem 7 gezegen, SPECULOOS-2 (LP890-9), 2 gezegen!

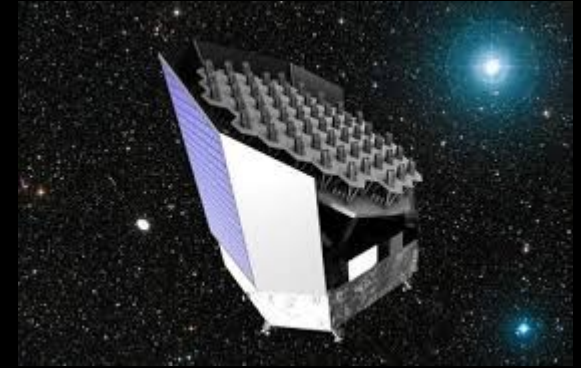
Uzay Teleskoplarıyla Ötegezegen Araştırma Projeleri



Convection, Rotation and planetary Transits (CoRoT): 27 cm'lik bir teleskop ve 4 CCD dedektörle uzaydan yürütülen proje 2006 - 2013, 45 gezegen!



Gaia: Gaia'nın gözlediği yıldızların yüksek duyarlılıklı konum ölçümlerinin yapmasının yanı sıra ışık şiddetlerini de (70 kez) ölçecek olması nedeniyle geçiş yöntemiyle de 4 gezegen keşfetmiş durumda!



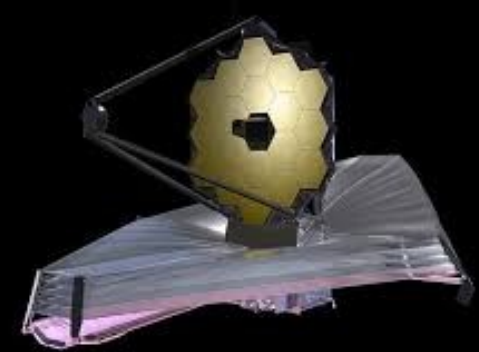
PLANetary Transits and Oscillations of stars (PLATO): 32 küçük teleskop taşıyacak uzay aracının 2026'da fırlatılması planlanıyor. Uydu teleskop Yer-Güneş ikilisinin L2 noktasında gözlem yapacak ve 48.5 x 58.8 karederecelik bir alan görecek.



CHAracterising ExOPlanet Satellite (CHEOPS): Bern Üniversitesi tarafından geliştirilen projede 32 cm'lik bir uzay teleskobu kullanılacak. Hedef parlak yıldızların etrafında küçük ($R > 1.6 R_{Dünya}$) gezegen keşiflerine yardımcı olmak ve karakterizasyon!.

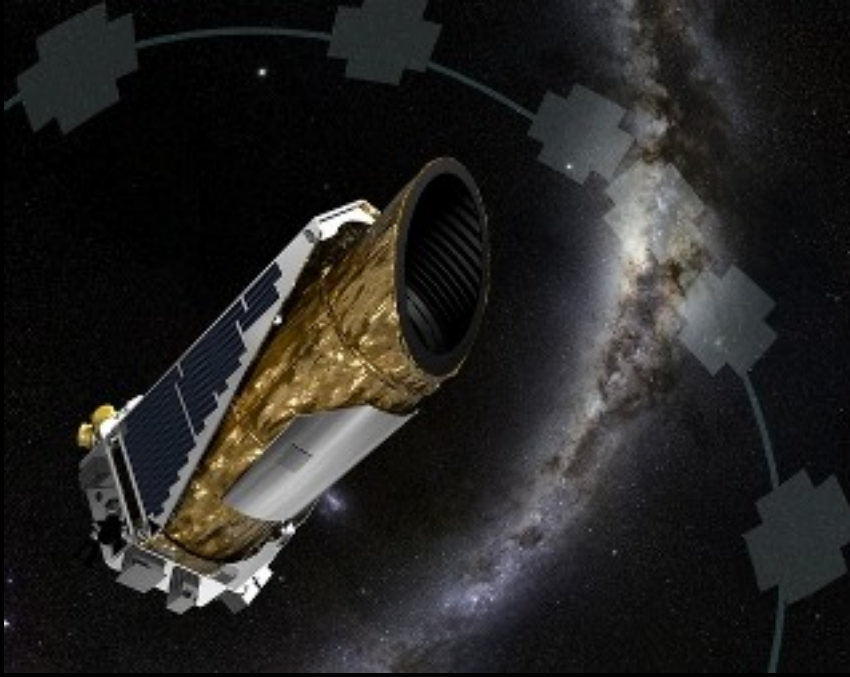


Hubble / Spitzer (2020): Her iki uzay teleskobu da geçiş yöntemiyle farklı dalgaboylarında (Hubble moröte ve görsel, Spitzer kızılöte) yaptıkları gözlemlerle ötegezegen alanına gezegenlerin karakterizasyonu ile katkı sağlamışlardır.

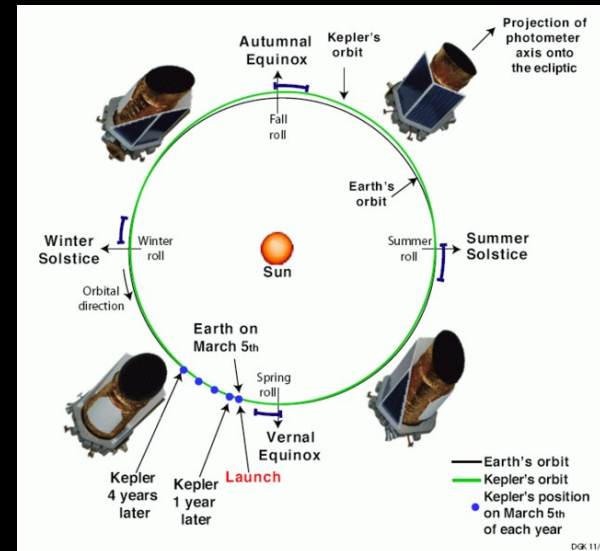
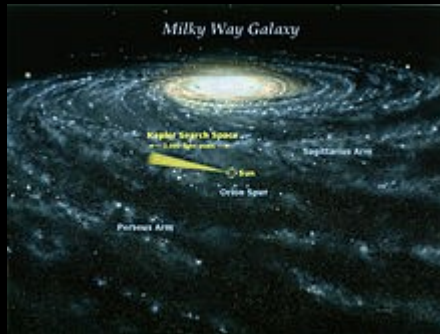


James Webb Uzay Teleskobu (JWST): 10 milyar \$'lık proje kapsamında yapımı tamamlanan 6.5 metrelik teleskop şimdiden ötegezegen alana büyük katkılar yapmış durumdadır. Amacı keşif değil özellikle atmosferik karakterizasyondur.

Kepler Uzay Teleskobu



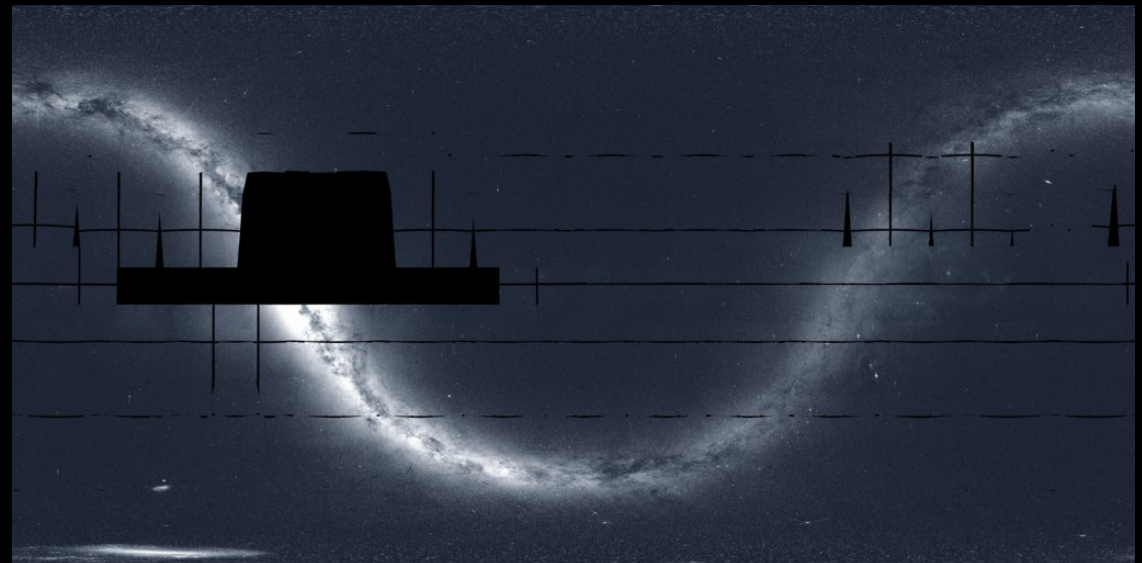
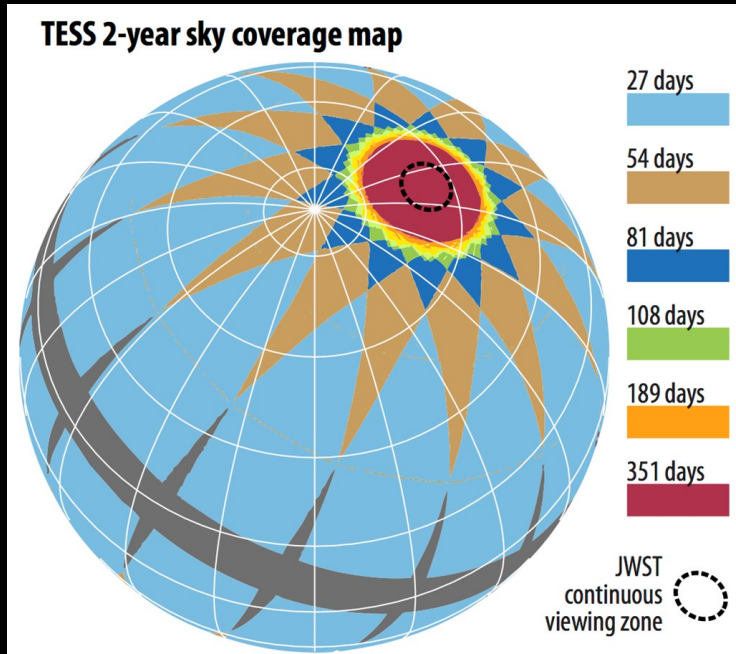
- ✓ 7 Mart 2009'da uzaya gönderildi. 2013'te hassas yönlendirilmesini sağlayan iki tekerleğinin bozulması nedeniyle aynı yıldızların uzun süreli hassas fotometrisini yapamaz hale geldi.
- ✓ 115 karederecelik bir alanda yaklaşık 170000 yıldızın hassas fotometrisini gerçekleştirdi.
- ✓ 0.95 m'lik (efektif) birincil ayna çapına sahip teleskobu taşıyan uzay aracının ağırlığı yaklaşık 1 ton.
- ✓ 2200x1024 piksellik 42 CCD kamerasının sürekli olarak aynı bölgeyi gözlemesi planlanmıştır.
- ✓ 29.4 dakika ve 58.89 saniyelik (bir sezonda sadece 524 yıldız için) iki ayrı poz süresiyle gözlem yaptı.
- ✓ Fotometrik olarak aynı duyarlılığa sahip olmasa da Kasım 2018'e kadar K2 adıyla gezegen keşfine devam etti.
- ✓ Bugüne kadar onaylanmış toplam 2709 gezegen keşfini yanı sıra sayısı 2053'ü geçen de gezegen adayı keşfetti. K2'nin keşif sayısı ise 544 aday sayısı ise 9738'tür.
- ✓ Kepler projesinin ana amacı gezegen popülasyon istatistiği çıkarmak ve Güneş benzeri yıldızlar etrafında yıldız başına kaç gezegen düştüğünü belirlemektir.



Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS)

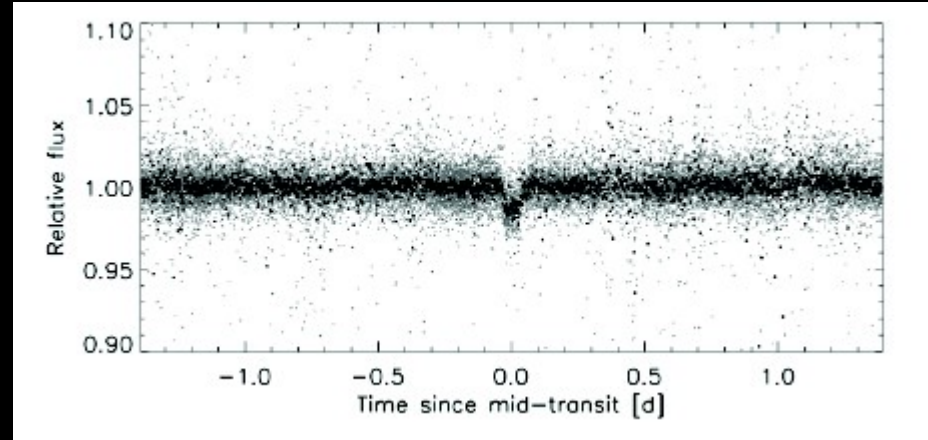


- ✓ 18 Nisan 2018'de uzaya gönderilen TESS ise bir tüm gökyüzü araştırmasıdır.
- ✓ 4 küçük teleskopla tüm gökyüzünde Kepler'in gözlediği yıldızlardan daha parlak toplamda 500 000 yıldız etrafında gezegen aramaktadır.
- ✓ Bugüne kadar 326 onaylanmış ötegezegen keşfi gerçekleştirmiştir ve 4193 aday gezegen de doğrulanmayı beklemektedir.
- ✓ Dünya üzerinde geniş bir coğrafyaya yayılmış bir teleskop ağıyla (T80, RTT150 ve T100 de bu ağı dahildir!) takip gözlemleri yapılmaktadır.
- ✓ TESS, Kepler'den farklı olarak bir popülasyon istatistiği projesi olmayıp, ana amacı 50 Yer benzeri karasal gezegenin keşfini gerçekleştirmektir.
- ✓ Ayrıca yakın yıldızlar etrafında JWST'nin atmosferlerini karakterize edebileceği gezegenlerin yanı sıra yakın M-tayf türünden cüceler etrafındaki çoklu gezegen sistemlerini de aramaktadır.

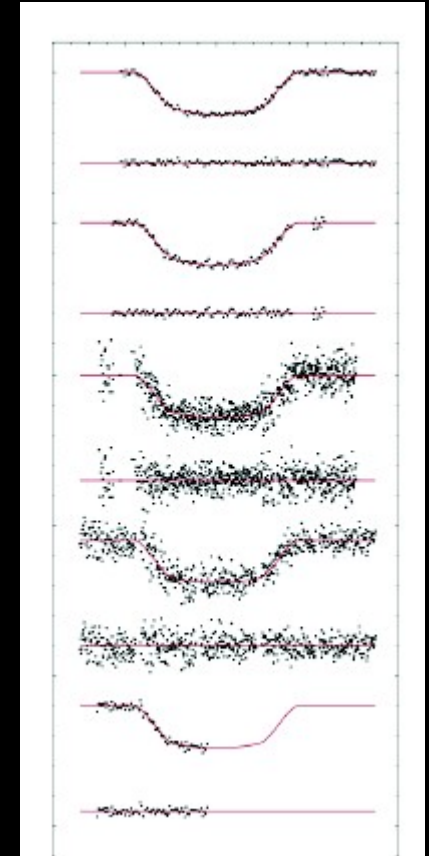


Geçiş Yöntemiyle Gezegen Keşfinin Dört Altın Kuralı

1. Geçişin Tespiti

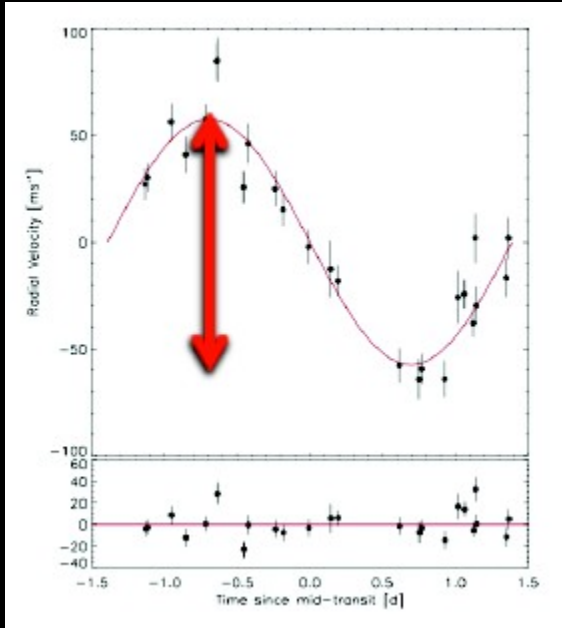


4. Duyarlı Gözlemlerle Defalarca Aynı Geçiş Profiline Gözlemi



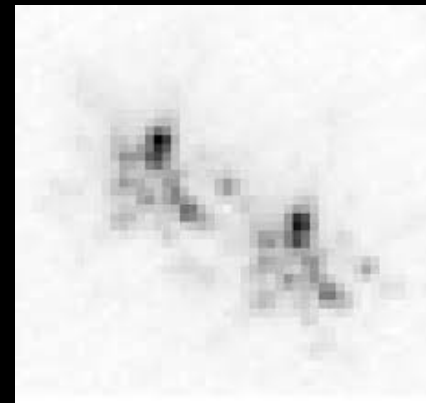
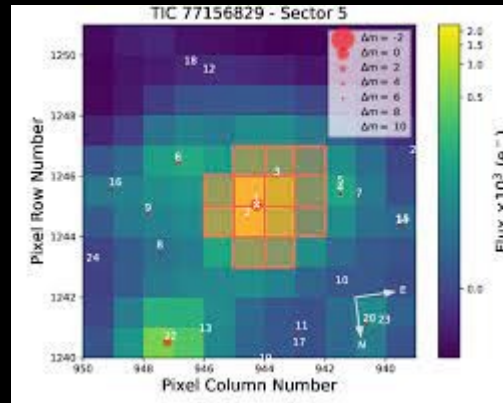
Parametreler!

3. Dikine Hız ile Onaylama



$$m_2 \sin i \rightarrow M_{\text{gezegen}}$$

2. Görüntülerin Analizi ve Yüksek Çözünürlük Görüntüleme



Kontaminasyon Ayıklama ve Doğrulama!



KELT-18b: Puffy Planet, Hot Host, Probably Perturbed

Kim K. McLeod¹, Joseph E. Rodriguez², Ryan J. Oelkers³, Karen A. Collins³, Allyson Bieryla², Benjamin J. Fulton^{4,42},
Keivan G. Stassun^{3,5}, B. Scott Gaudi⁶, Kaloyan Penev⁷, Daniel J. Stevens⁶, Knicole D. Colón^{8,9,10}, Joshua Pepper¹¹,
Norio Narita^{12,13,14}, Ryu Tsuguru^{14,15}, Akihiko Fukui¹⁶, Phillip A. Reed¹⁷, Bethany Tirrell¹⁷, Tiffany Visgaitis¹⁷,
John F. Kielkopf¹⁸, David H. Cohen¹⁹, Eric L. N. Jensen¹⁹, Joao Gregorio²⁰, **Özgür Baştürk²¹**, Thomas E. Oberst²²,
Casey Melton¹, Eliza M.-R. Kempton²³, Andrew Baldrige²³, Y. Sunny Zhao²³, Roberto Zambelli²⁴, David W. Latham²,
Gilbert A. Esquerdo², Perry Berlind², Michael L. Calkins², Andrew W. Howard²⁵, Howard Isaacson²⁶,
Lauren M. Weiss^{27,43}, Paul Benni²⁸, Thomas G. Beatty^{29,30}, Jason D. Eastman², Matthew T. Penny^{6,44}, Robert J. Siverd³¹,
Michael B. Lund³, Jonathan Labadie-Bartz¹¹, G. Zhou², Ivan A. Curtis³², Michael D. Jorner³³, Mark Manner³⁴, Howard Relles²,
Gaetano Scarpetta^{35,36}, Denise C. Stephens³³, Chris Stockdale³⁷, T. G. Tan³⁸, D. L. DePoy^{39,40},
Jennifer L. Marshall^{39,40}, Richard W. Pogge⁶, Mark Trueblood⁴¹, and Patricia Trueblood⁴¹

¹Department of Astronomy, Wellesley College, Wellesley, MA 02481, USA; kmcleod@wellesley.edu

²Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA 02138, USA

³Department of Physics and Astronomy, Vanderbilt University, Nashville, TN 37235, USA

⁴Institute for Astronomy, University of Hawaii, Honolulu, HI 96822, USA

⁵Department of Physics, Fisk University, Nashville, TN 37208, USA

⁶Department of Astronomy, The Ohio State University, Columbus, OH 43210, USA

⁷Department of Astrophysical Sciences, Princeton University, Princeton, NJ 08544, USA

⁸NASA Ames Research Center, M/S 244-30, Moffett Field, CA 94035, USA

⁹Bay Area Environmental Research Institute, Petaluma, CA 94952, USA

¹⁰NASA Goddard Space Flight Center, Exoplanets and Stellar Astrophysics Laboratory (Code 667), Greenbelt, MD 20771, USA

¹¹Department of Physics, Lehigh University, Bethlehem, PA 18015, USA

¹²Department of Astronomy, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

¹³Astrobiology Center, NINS, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

¹⁴National Astronomical Observatory of Japan, NINS, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

¹⁵SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

¹⁶Okayama Astrophysical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, Asakuchi, Okayama 719-0232, Japan

¹⁷Department of Physical Sciences, Kutztown University, Kutztown, PA 19530, USA

¹⁸Department of Physics and Astronomy, University of Louisville, Louisville, KY 40292, USA

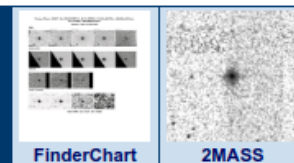
¹⁹Department of Physics and Astronomy, Swarthmore College, Swarthmore, PA 19081, USA

²⁰Atalaia Group and CROW Observatory, Portalegre, Portugal

²¹Ankara Üniversitesi Fen Fak. Astronomi ve Uzay Bil. Bol. E Blok 205 TR-06100 Tandoğan, Ankara, Turkey

²²Department of Physics, Westminster College, New Wilmington, PA 16172, USA

PLANET HOST OVERVIEW PAGE



Object and Aliases

Default Alias	Aliases					
KELT-18	2MASS J14260576+5926393	BD+60 1538	GSC 03865-01173	SAO 29143	TYC 3865-1173-1	WISE J142605.74+592639.4

NASA Exoplanet Archive Links

Planet	Related Overviews				Transit Service
	Confirmed		Kepler Pipeline		
KELT-18 b	Planet	Host			KELT-18 b Transits

Planet Orbital Properties

Planet	Period (days)	Semi-Major Axis (AU)	Inclination (deg)	Eccentricity	Time of Periastron Passage (days)	Longitude of Periastron (deg)	Date of Orbital Solution	Reference
b	2.8717518±0.0000028	0.04550 ^{+0.00067} _{-0.00069}	88.86 ^{+0.79} _{-1.20}	0	null	null	null	McLeod et al. 2017

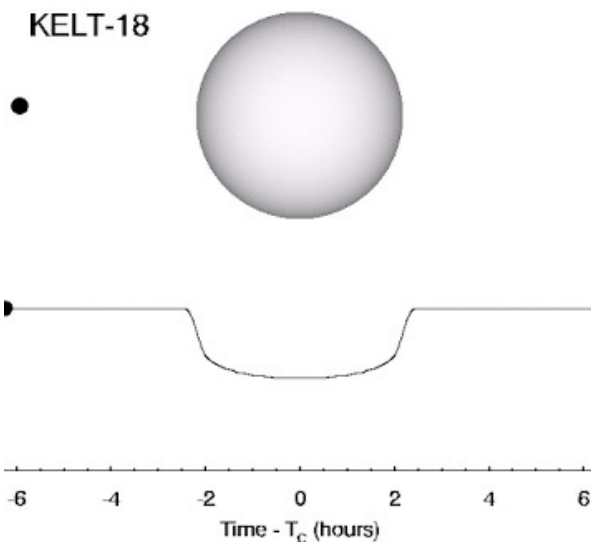
Planet Parameters

Planet	M sin(i)		Mass		Radius			Density	Equilibrium Temperature	Reference
	(Jupiter Mass)	(Earth Mass)	(Jupiter Mass)	(Earth Mass)	(Solar Radii)	(Jupiter Radii)	(Earth Radii)	(g/cm ³)	(K)	
b	1.18±0.11	375±35	1.18±0.11	375±35	0.1613 ^{+0.0043} _{-0.0037}	1.570 ^{+0.042} _{-0.036}	17.60 ^{+0.17} _{-0.40}	0.377±0.040	2085 ⁺³⁹ ₋₃₈	McLeod et al. 2017

Planet Transit Properties

Planet	Depth (perc)	Duration (days)	Duration (hours)	Mid-Point (days)	Impact Parameter	Occultation Depth (perc)	Ratio of Distance to Stellar Radius	Ratio of Planet to Stellar Radius	Reference
b	0.716±0.015	0.1935 ^{+0.0011} _{-0.0010}	4.644 ^{+0.026} _{-0.024}	2457542.52504±0.00039	0.102 ^{+0.100} _{-0.071}	null	5.138 ^{+0.038} _{-0.078}	0.08462±0.00091	McLeod et al. 2017

KELT-18





KPS-1b: The First Transiting Exoplanet Discovered Using an Amateur Astronomer's Wide-field CCD Data

Artem Burdanov¹ , Paul Benni² , Eugene Sokov^{3,4}, Vadim Krushinsky⁵, Alexander Popov⁵, Laetitia Delrez⁶, Michael Gillon¹, Guillaume Hébrard^{7,8}, Magali Deleuil⁹, Paul A. Wilson^{7,10} , Olivier Demangeon¹, **Özgür Baştürk¹¹** , Erika Pakštienė¹³ , Iraida Sokova³, Sergei A. Rusov³, Vladimir V. Dyachenko⁴, Denis A. Rastegaev⁴, Anatoliy Beskakotov⁴, Alessandro Marchini¹⁴ , Marc Bretton¹⁵, Stan Shadick¹⁶, and Kirill Ivanov¹⁷

¹ Space sciences, Technologies and Astrophysics Research (STAR) Institute, Université de Liège, Allée du 6 Août 17, B-4000 Liège, Belgium
artem.burdanov@uliege.be

² Acton Sky Portal (Private Observatory), Acton, MA, USA

³ Central Astronomical Observatory at Pulkovo of Russian Academy of Sciences, Pulkovskoye shosse d. 65, St. Petersburg, 196140, Russia

⁴ Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnij Arkhyz, 369167, Russia

⁵ Ural Federal University, ul. Mira d. 19, Yekaterinburg, 620002, Russia

⁶ Astrophysics Group, Cavendish Laboratory, J.J. Thomson Avenue, Cambridge CB3 0HE, UK

⁷ Institut d'Astrophysique de Paris, UMR 7095 CNRS, Université Pierre & Marie Curie, 98bis Boulevard Arago, F-75014 Paris, France

⁸ Observatoire de Haute-Provence, Université d'Aix-Marseille & CNRS, F-04870 Saint Michel l' Observatoire, France

⁹ Aix Marseille Université, CNRS, LAM (Laboratoire d'Astrophysique de Marseille) UMR 7326, F-13388 Marseille, France

¹⁰ Leiden Observatory, Leidenbus 9513, 2300 RA Leiden, The Netherlands

¹¹ Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Universidade do Porto, CAUP, Rua das Estrelas, PT4150-762 Porto, Portugal

¹² Ankara University, Faculty of Science, Department of Astronomy and Space Science, TR-06100 Tandogan, Ankara, Turkey

¹³ Institute of Theoretical Physics and Astronomy, Vilnius University, Saulėtekio av. 3, Vilnius, LT-10257, Lithuania

¹⁴ Astronomical Observatory—DSFTA, University of Siena, Via Roma 56, I-53100 Siena, Italy

¹⁵ Baronnies Provençales Observatory, Hautes Alpes—Parc Naturel Régional des Baronnies Provençales, F-05150 Moydans, France

¹⁶ Physics and Engineering Physics Department, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, S7N 5E2, Canada

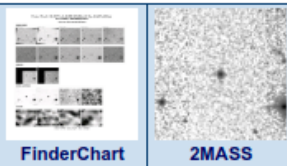
¹⁷ Irkutsk State University, ul. Karla Marxa d. 1, Irkutsk, 664003, Russia

Received 2017 December 21; accepted 2018 April 11; published 2018 May 16

Abstract

We report the discovery of the transiting hot Jupiter KPS-1b. This exoplanet orbits a $V = 13.0$ K1-type main-sequence star every 1.7 days, has a mass of $1.090^{+0.086}_{-0.087} M_{\text{Jup}}$ and a radius of $1.03^{+0.13}_{-0.12} R_{\text{Jup}}$. The discovery was made by the prototype Kourouva Planet Search (KPS) project, which used wide-field CCD data gathered by an amateur

PLANET HOST OVERVIEW PAGE



Object and Aliases

Default Alias	Aliases	
KPS-1	2MASS J11004017+6457504	WISE J110040.13+645750.0

NASA Exoplanet Archive Links

Planet	Related Overviews		Transit Service
	Confirmed	Kepler Pipeline	
KPS-1 b	Planet	Host	KPS-1 b Transits

Planet Orbital Properties

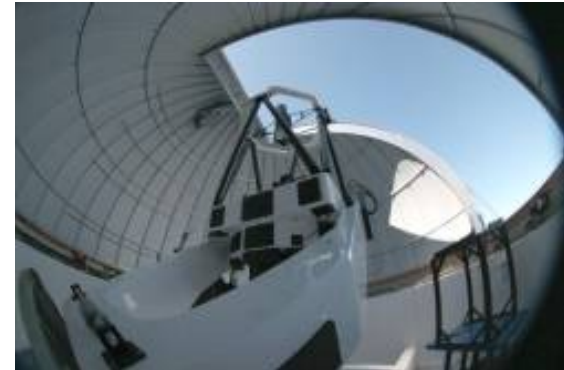
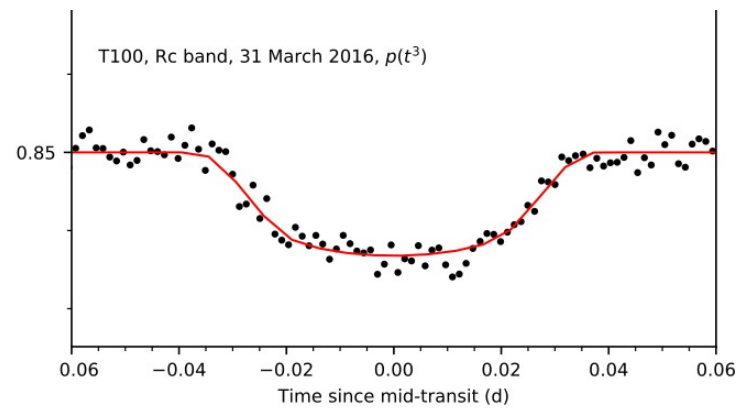
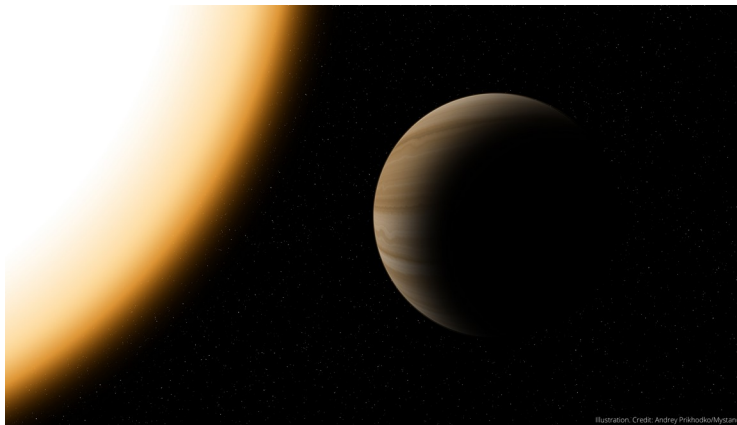
Planet	Period (days)	Semi-Major Axis (AU)	Inclination (deg)	Eccentricity	Time of Periastron Passage (days)	Longitude of Periastron (deg)	Date of Orbital Solution	Reference
b	1.706291±0.000059	0.0269±0.0010	83.20 ^{+0.88} _{-0.90}	0	null	null	null	Burdanov et al. 2018

Planet Parameters

Planet	M sin(i)		Mass		Radius			Density	Equilibrium Temperature	Reference
	(Jupiter Mass)	(Earth Mass)	(Jupiter Mass)	(Earth Mass)	(Solar Radii)	(Jupiter Radii)	(Earth Radii)	(g/cm ³)	(K)	
b	null	null	1.090 ^{+0.086} _{-0.087}	346.4 ^{+27.3} _{-27.7}	0.106 ^{+0.013} _{-0.012}	1.03 ^{+0.13} _{-0.12}	11.5 ^{+1.5} _{-1.3}	1.31 ^{+0.49} _{-0.36}	1459±56	Burdanov et al. 2018

Planet Transit Properties

Planet	Depth (perc)	Duration (days)	Duration (hours)	Mid-Point (days)	Impact Parameter	Occultation Depth (perc)	Ratio of Distance to Stellar Radius	Ratio of Planet to Stellar Radius	Reference
b	null	0.0700 ^{+0.0023} _{-0.0020}	1.68 ^{+0.06} _{-0.05}	2457508.37019 ^{+0.00079} _{-0.00078}	0.754 ^{+0.040} _{-0.049}	null	null	0.1143 ^{+0.0037} _{-0.0034}	Burdanov et al. 2018



KPS-1b: Bir Ötegezegen Keşfinin Hikayesi: <http://ozgur.astrotux.org/tr/blog/>



Transits of Known Planets Orbiting a Naked-eye Star

Stephen R. Kane¹, Selçuk Yalçinkaya², Hugh P. Osborn^{3,4,5}, Paul A. Dalba^{1,3,3}, Louise D. Nielsen⁶,
Andrew Vanderburg^{7,34}, Teófilo Mosser⁴, Natalie R. Hinkel⁸, Colby Ostberg¹, Ekrem Murat Esmer⁹, Stéphane Udry⁶,
Tara Fetherolf¹, Özgür Baştürk⁹, George R. Ricker¹⁰, Roland Vanderspek⁴, David W. Latham¹⁰, Sara Seager^{4,11,12},
Joshua N. Winn¹³, Jon M. Jenkins¹⁴, Romain Allart⁶, Jeremy Bailey¹⁵, Jacob L. Bean¹⁶, Francois Bouchy⁶,
R. Paul Butler¹⁷, Tiago L. Campante^{18,19}, Brad D. Carter²⁰, Tansu Daylan^{4,35}, Magali Deleuil³, Rodrigo F. Diaz²¹,
Xavier Dumusque⁶, David Ehrenreich⁶, Jonathan Horner²⁰, Andrew W. Howard²², Howard Isaacson^{20,23},
Hugh R. A. Jones²⁴, Martti H. Kristiansen^{25,26}, Christophe Lovis⁶, Geoffrey W. Marcy²³, Maxime Marmier⁶,
Simon J. O'Toole^{27,28}, Francesco Pepe⁶, Darin Ragozzine²⁹, Damien Ségransan⁶, C. G. Tinney³⁰,
Margaret C. Turnbull³¹, Robert A. Wittenmyer²⁰, Duncan J. Wright²⁰, and Jason T. Wright³²

- ¹ Department of Earth and Planetary Sciences, University of California, Riverside, CA 92521, USA; skane@ucr.edu
² Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Astronomy and Space Sciences, Tandoğan, TR-06100, Turkey
³ Aix-Marseille Université, CNRS, CNES, Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, France
⁴ Department of Physics and Kavli Institute for Astrophysics and Space Research, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, USA
⁵ NCCR/PlanetS, Centre for Space & Habitability, University of Bern, Bern, Switzerland
⁶ Observatoire de Genève, Université de Genève, 51 ch. des Maillettes, 1290 Sauverny, Switzerland
⁷ Department of Astronomy, The University of Texas at Austin, Austin, TX 78712, USA
⁸ Southwest Research Institute, 6220 Culebra Rd, San Antonio, TX 78238, USA
⁹ Ankara University, Faculty of Science, Department of Astronomy and Space Sciences, Tandoğan, TR-06100, Turkey
¹⁰ Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138, USA
¹¹ Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, USA
¹² Department of Aeronautics and Astronautics, MIT, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139, USA
¹³ Department of Astrophysical Sciences, Princeton University, 4 Ivy Lane, Princeton, NJ 08544, USA
¹⁴ NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 94035, USA
¹⁵ School of Physics, University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia
¹⁶ Department of Astronomy & Astrophysics, University of Chicago, 5640 South Ellis Avenue, Chicago, IL 60637, USA
¹⁷ Earth & Planets Laboratory, Carnegie Institution of Washington, NW, Washington, DC, 20015-1305, USA
¹⁸ Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Universidade do Porto, Rua das Estrelas, 4150-762 Porto, Portugal
¹⁹ Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, s/n, 4169-007 Porto, Portugal
²⁰ Centre for Astrophysics, University of Southern Queensland, Toowoomba, QLD 4350, Australia
²¹ International Center for Advanced Studies (ICAS) and ICIPI (CONICET), ECyT-UNSAM, Campus Miguelete, 25 de Mayo y Francia (1650), Buenos Aires, Argentina
²² Department of Astronomy, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125, USA
²³ Department of Astronomy, University of California, Berkeley, CA 94720, USA
²⁴ Centre for Astrophysics Research, University of Hertfordshire, Hatfield, Herts AL10 9AB, UK
²⁵ Brorfelde Observatory, Observator Gyldenkerne Vej 7, DK-4340 Tølløse, Denmark
²⁶ DTU Space, National Space Institute, Technical University of Denmark, Elektrovej 327, DK-2800 Lyngby, Denmark
²⁷ Australian Astronomical Observatory, North Ryde, NSW 2113, Australia
²⁸ Australian Astronomical Optics, Faculty of Science and Engineering, Macquarie University, North Ryde, NSW 2113, Australia
²⁹ Department of Physics and Astronomy, N283 ESC, Brigham Young University, Provo, UT 84602, USA
³⁰ Exoplanetary Science at USNW, School of Physics, UNSW Sydney, Sydney 2052, Australia
³¹ SETI Institute, Carl Sagan Center for the Study of Life in the Universe, Off-Site: 2613 Waunona Way, Madison, WI 53713, USA
³² Department of Astronomy & Astrophysics and Center for Exoplanets and Habitable Worlds and Penn State Extraterrestrial Intelligence Center, 525 Davey Laboratory, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA

Received 2020 June 24; revised 2020 July 20; accepted 2020 July 20; published 2020 August 21

Abstract

Some of the most scientifically valuable transiting planets are those that were already known from radial velocity (RV) surveys. This is primarily because their orbits are well characterized and they preferentially orbit bright stars that are the targets of RV surveys. The Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) provides an opportunity to survey most of the known exoplanet systems in a systematic fashion to detect possible transits of their planets. HD 136352 (Nu² Lupi) is a naked-eye ($V = 5.78$) G-type main-sequence star that was discovered to host three planets with orbital periods of 11.6, 27.6, and 108.1 days via RV monitoring with the High Accuracy Radial velocity Planet Searcher (HARPS) spectrograph. We present the detection and characterization of transits for the two inner planets of the HD 136352 system, revealing radii of $1.482^{+0.058}_{-0.056} R_{\oplus}$ and $2.608^{+0.078}_{-0.077} R_{\oplus}$ for planets b and c, respectively. We combine new HARPS observations with RV data from the Keck/High Resolution Echelle Spectrometer and the Anglo-Australian Telescope, along with TESS photometry from Sector 12, to perform a complete analysis of the system parameters. The combined data analysis results in extracted bulk density values of $\rho_b = 7.8^{+1.2}_{-1.1} \text{ g cm}^{-3}$ and $\rho_c = 3.50^{+0.41}_{-0.36} \text{ g cm}^{-3}$ for planets b and c, respectively, thus placing them on either side of the radius valley. The combination of the multitransiting planet system, the bright host star, and the diversity of

HD 136352 (v^2 Lupi) Sistemi

Kane S., Yalçinkaya S., vd. (2020)

THE ASTRONOMICAL JOURNAL, 160:129 (10pp), 2020 September

Kane et al.

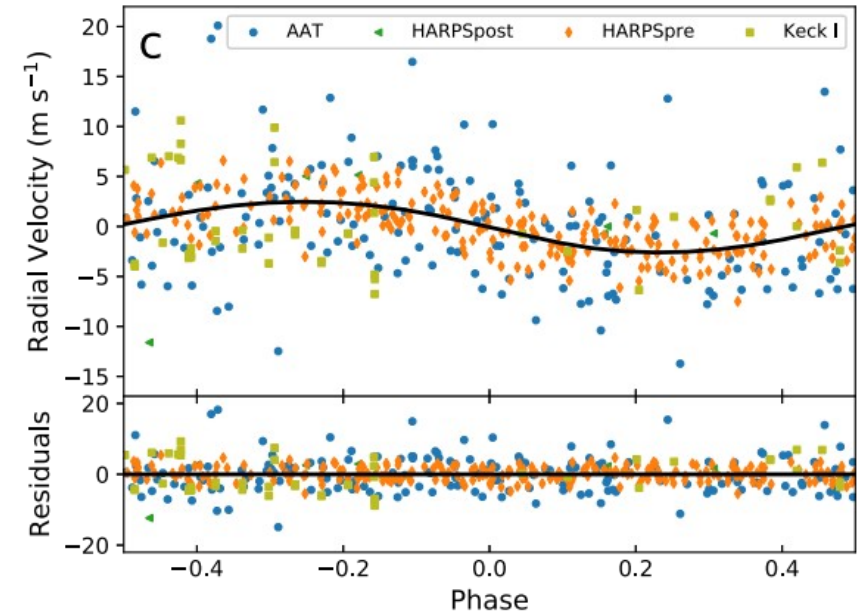
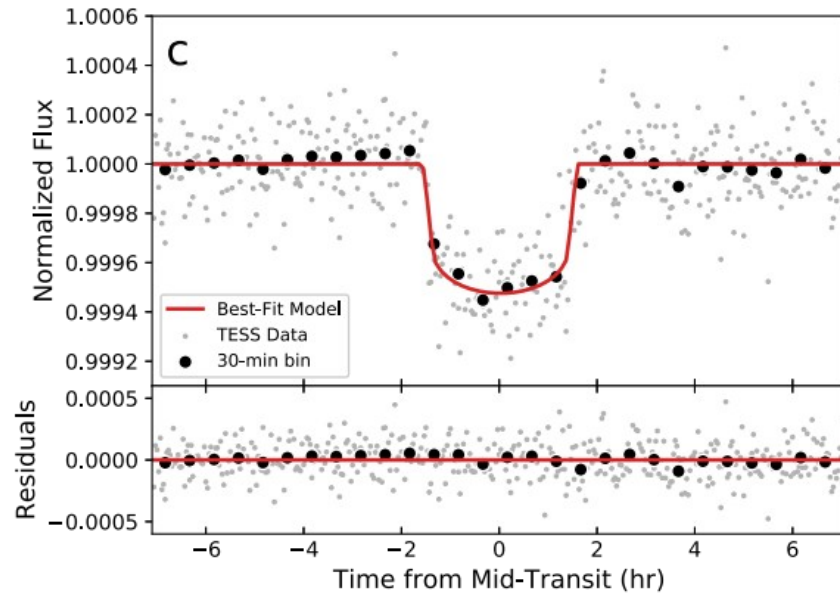
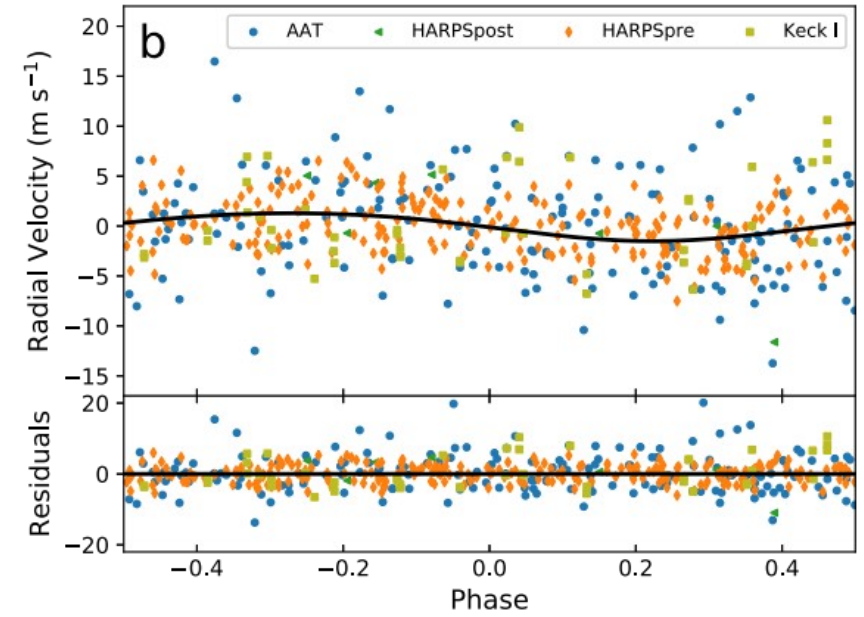
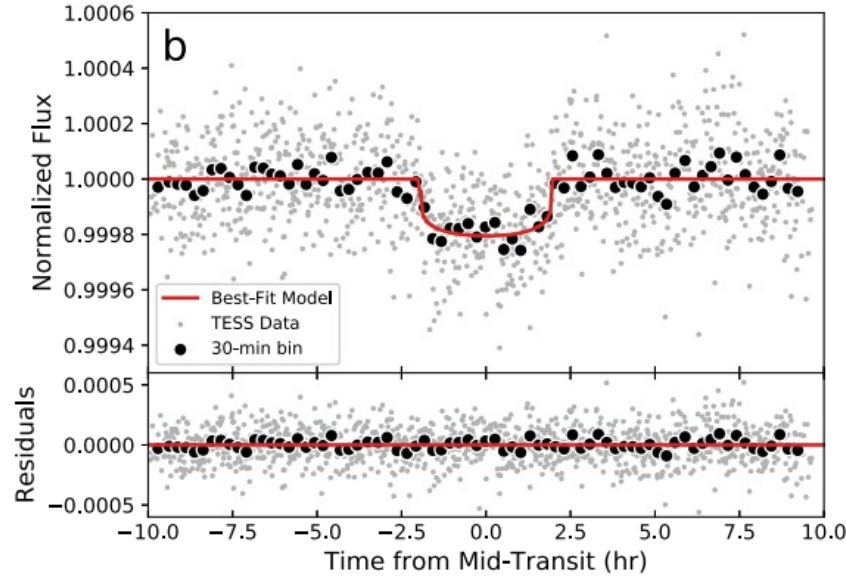


Figure 2. Transit fits to the TESS photometry resulting from the EXOFAST analysis, described in Section 4.1. Top: transit of the b planet where both

HD 136352 Overview



HD 136352 b



HD 136352 1.04 $R_{\odot}$ 5664.00 K



HD 136352 d

[Overview](#) [System Parameters](#) [Nearby Data](#) [Legend](#)

ARCHITECTURE

HD 136352

★ HD 136352

— HD 136352 b

— HD 136352 c

— HD 136352 d

OTHER DATA

[Bibliography](#) **16**

[Nearby Data](#) **5**

DISCOVERY DATA

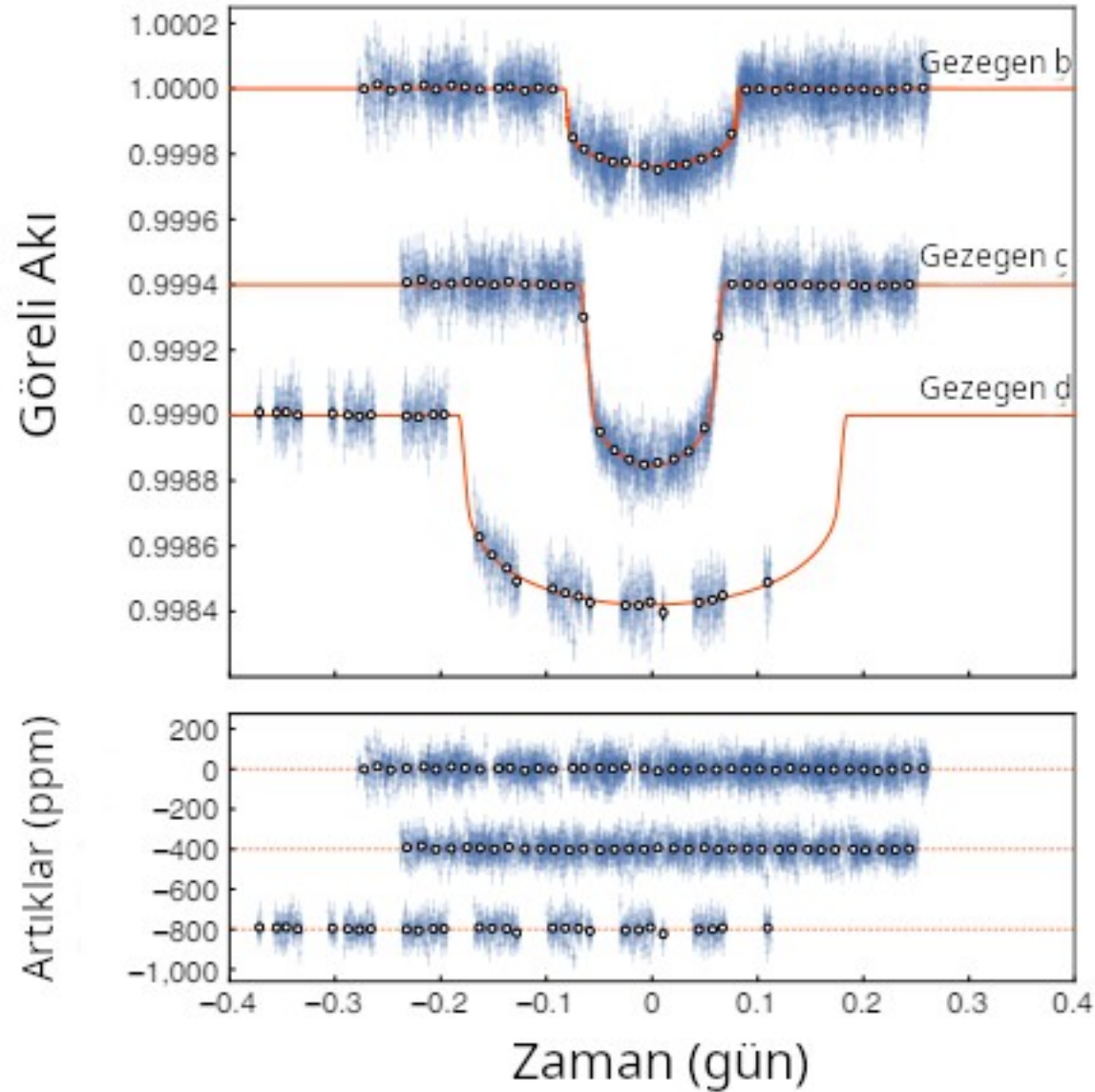
Host	Planet	Method	Year	Reference	Detection
HD 136352	HD 136352 b	Radial Velocity	2019	Udry et al. 2019	Radial Velocity
HD 136352	HD 136352 c	Radial Velocity	2019	Udry et al. 2019	Radial Velocity
HD 136352	HD 136352 d	Radial Velocity	2019	Udry et al. 2019	Radial Velocity

★ HD 136352 Stellar Parameters (13 Solutions)

RA 15h21m45.63s	ECLIPTIC LATITUDE -28.76696 deg	TOTAL PROPER MOTION 1647.3395676±0.1676637 mas/yr	PHOTOMETRY m_V 5.65±0.03 m_{TESS} 5.0494±0.0062 m_J 4.308±0.226 m_H 3.898±0.192 m_{KS} 4.159±0.036	TOOLS © IRSA Finding Chart
DEC -48d19m07.74s	ECLIPTIC LONGITUDE 241.1152 deg	PROPER MOTION (RA) -1624.050000±0.168556 mas/yr		
DISTANCE 14.68200±0.01985 pc	GALACTIC LATITUDE 7.378201 deg	PROPER MOTION (DEC) -276.024000±0.133136 mas/yr		
PARALLAX 68.0818000±0.0914699 mas	GALACTIC LONGITUDE 327.0773 deg			

HD 136352 sistemi birden fazla gezegen barındıran en parlak 3 yıldızdan birinin etrafındaki mini-Neptün ve süper-Dünya kütlesi limitleri dahilinde 3 gezegenden oluştuğu için önemlidir!

Delrez vd. (2021)



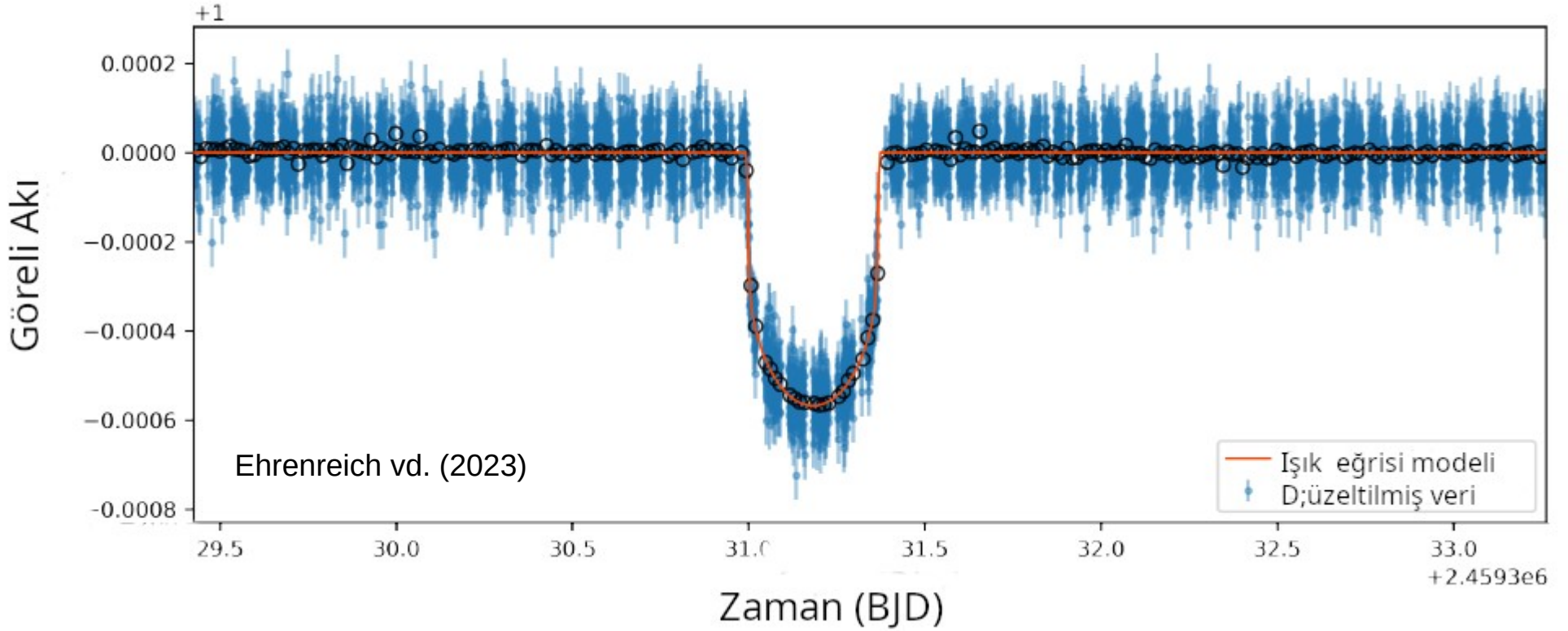
HD 136352 (nu² Lupi) sisteminin d gezegenin geçişi de CHEOPS uzay teleskobu tarafından 2021 yılında yakalandı ve böylece her üç gezegen de geçiş ve dikine hız yöntemiyle gözlenerek karakterize edilmiş oldu.

Table 1 | Properties of the ν^2 Lupi planetary system

Delrez vd. (2021)

Parameters	Values		
Star	ν^2 Lupi		
Effective temperature, T_{eff} (K)	$5,664 \pm 61$		
log surface gravity, $\log g_*$ (cgs)	4.39 ± 0.11		
Microturbulence, ξ_t (km s $^{-1}$)	0.85 ± 0.02		
Metallicity, $[M/H]$ (dex)	-0.24 ± 0.05		
Radius, R_* ($R_\odot$)	1.058 ± 0.019		
Mass, M_* ($M_\odot$)	0.87 ± 0.04		
Density, ρ_* ($\rho_\odot$)	0.734 ± 0.053		
Age (Gyr)	$12.3^{+1.2}_{-2.9}$		
Rotation period ^a , P_{rot} (d)	23.8 ± 3.1		
Luminosity, L_* ($L_\odot$)	1.038 ± 0.059		
Planets	b	c	d
Orbital period, P (d)	$11.57797^{+0.00008}_{-0.00013}$	27.59221 ± 0.00011	107.245 ± 0.050
Mid-transit time, T_0 (BJD _{TDB} - 2,450,000) ^b	$8,944.3726^{+0.0015}_{-0.0017}$	$8,954.40990^{+0.00052}_{-0.00054}$	$9,009.7759^{+0.0101}_{-0.0096}$
Planet-to-star radius ratio, R_p/R_*	$0.01442^{+0.00027}_{-0.00028}$	$0.02526^{+0.00047}_{-0.00044}$	$0.02219^{+0.00067}_{-0.00057}$
Transit depth, d_f (ppm)	208 ± 8	638^{+24}_{-22}	492^{+30}_{-25}
Transit impact parameter, b (R_*)	$0.52^{+0.04}_{-0.05}$	0.872 ± 0.007	$0.41^{+0.14}_{-0.21}$
Transit duration, W (h)	$3.935^{+0.093}_{-0.058}$	$3.251^{+0.033}_{-0.031}$	$8.87^{+0.56}_{-0.63}$
Orbital inclination, i ($^\circ$)	$88.49^{+0.17}_{-0.15}$	$88.571^{+0.042}_{-0.045}$	$89.73^{+0.14}_{-0.09}$
Orbital eccentricity ^c , e	0 (fixed, <0.17)	0 (fixed, <0.08)	0 (fixed, <0.25)
RV semi-amplitude, K (m s $^{-1}$)	1.46 ± 0.12	2.61 ± 0.12	1.30 ± 0.13
Orbital semi-major axis, a (au)	0.0964 ± 0.0028	0.1721 ± 0.0050	0.425 ± 0.012
Scale parameter, a/R_*	$19.60^{+0.45}_{-0.46}$	$34.97^{+0.80}_{-0.82}$	$86.46^{+1.96}_{-2.02}$
Stellar irradiation, S_p ($S_\oplus$)	$111.6^{+7.3}_{-6.8}$	$35.1^{+2.3}_{-2.1}$	$5.74^{+0.38}_{-0.35}$
Equilibrium temperature ^d , T_{eq} (K)	905 ± 14	677 ± 11	431 ± 7
Radius, R_p ($R_\oplus$)	1.664 ± 0.043	$2.916^{+0.075}_{-0.073}$	$2.562^{+0.088}_{-0.079}$
Mass, M_p ($M_\oplus$)	4.72 ± 0.42	$11.24^{+0.65}_{-0.63}$	$8.82^{+0.93}_{-0.92}$
Mean density, ρ_p ($\rho_\oplus$)	$1.02^{+0.13}_{-0.12}$	$0.453^{+0.045}_{-0.041}$	$0.522^{+0.078}_{-0.072}$

^a From ref. ¹. ^b BJD_{TDB}, barycentric Julian date in barycentric dynamical time. ^c 2σ upper limits derived from our global analysis allowing all orbits to be eccentric. ^d $T_{\text{eq}} = T_{\text{eff}} \sqrt{R_*/a} [f(1 - A_b)]^{1/4}$, assuming an efficient heat redistribution ($f=1/4$) and a null Bond albedo ($A_b=0$).

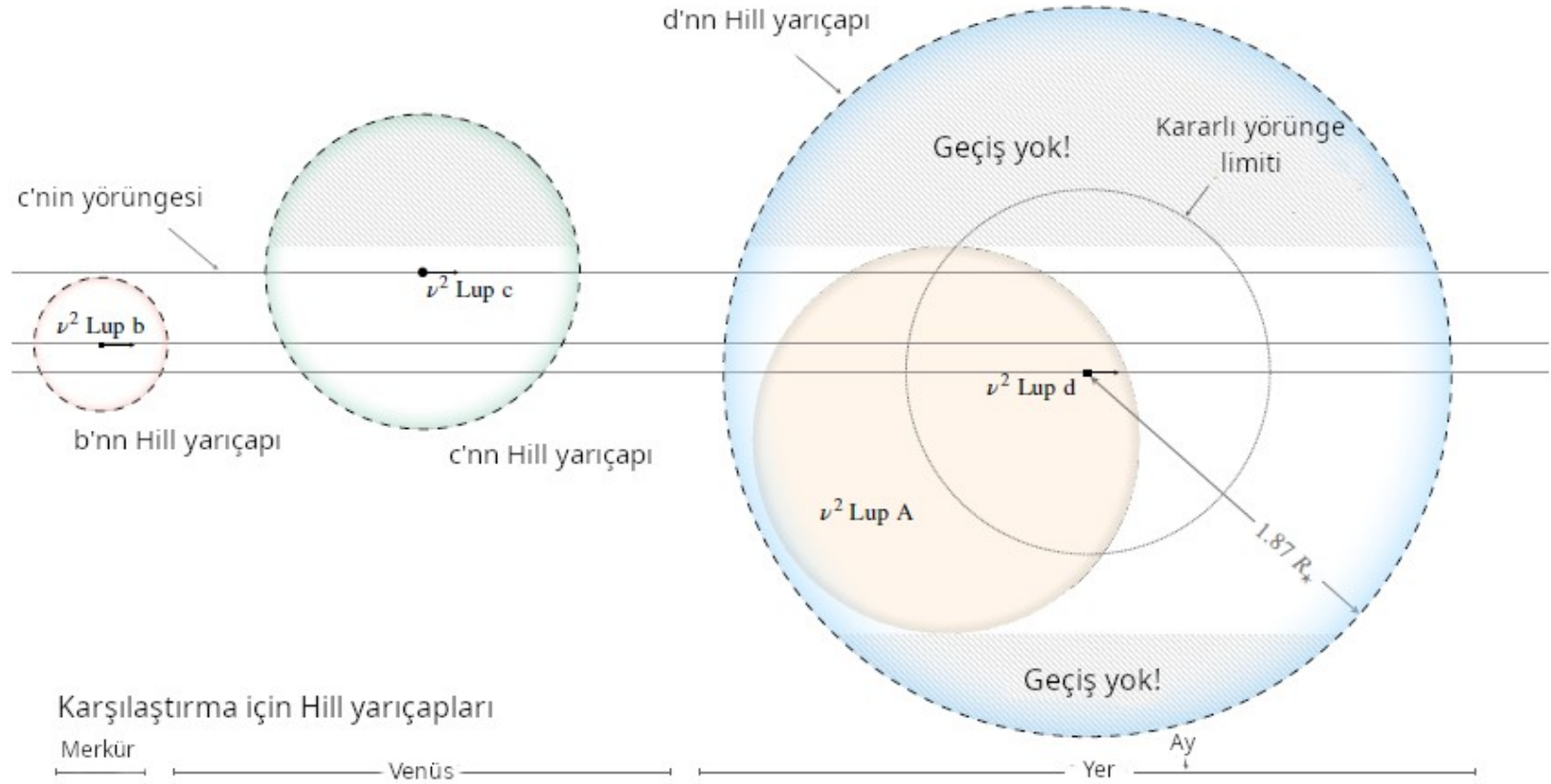


HD 136352 (v² Lupi) sisteminin d gezegenin bir tam geçişi ise yine CHEOPS uzay teleskobu tarafından 2022 yılında yakalandı. Ayrıca 2021-2022 arasında diğer gezegenlerin geçişleri de birkaç kere daha gözlenerek sistem tam olarak karakterize edilmiş oldu (Ehrenreich vd. 2023).

Parameter	Delrez et al. (2021)	This work
ν^2 Lup A		
$\rho_\star$ ($\rho_\odot$)	0.761 ± 0.045	0.758 ± 0.040
ν^2 Lup b		
$R_b/R_\star$	$0.01442^{+0.00027}_{-0.00028}$	$0.01430^{+0.00023}_{-0.00024}$
R_b ($R_\oplus$)	1.664 ± 0.043 (2.6%)	1.643 ± 0.035 (2.1%)
b ($R_\star$)	$0.52^{+0.04}_{-0.05}$	$0.505^{+0.028}_{-0.029}$
P (d)	$11.57797^{+0.00008}_{-0.00013}$	$11.577794^{+0.000023}_{-0.000025}$
$T_c - 2\,450\,000$ (BJD _{TDB})	$8\,944.3726^{+0.0015}_{-0.0017}$	$8\,944.37064^{+0.00068}_{-0.00070}$
Transit timing uncertainty in June 2022 (min)	15.1	2.0
W (h)	$3.935^{+0.093}_{-0.058}$	$3.964^{+0.028}_{-0.030}$
i (degree)	$88.49^{+0.17}_{-0.15}$	88.53 ± 0.11
a_b (au)	0.0964 ± 0.0028	0.0963 ± 0.0021
M_b ($M_\oplus$)	4.72 ± 0.42	4.68 ± 0.40
ρ_b ($\rho_\oplus$)	$1.02^{+0.13}_{-0.12}$	$1.06^{+0.12}_{-0.11}$
ν^2 Lup c		
$R_c/R_\star$	$0.02526^{+0.00047}_{-0.00044}$	$0.02485^{+0.00038}_{-0.00037}$
R_c ($R_\oplus$)	$2.916^{+0.075}_{-0.073}$ (2.6%)	$2.857^{+0.058}_{-0.057}$ (2.0%)
b ($R_\star$)	0.872 ± 0.007	0.869 ± 0.006
P (d)	27.59221 ± 0.00011	$27.592076^{+0.000047}_{-0.000049}$
$T_c - 2\,450\,000$ (BJD _{TDB})	$8\,954.40990^{+0.00052}_{-0.00054}$	$8\,954.40942^{+0.00050}_{-0.00049}$
Transit timing uncertainty in June 2022 (min)	4.8	1.7
W (h)	$3.251^{+0.033}_{-0.031}$	3.272 ± 0.027
i (degree)	$88.571^{+0.042}_{-0.045}$	$88.580^{+0.032}_{-0.033}$
a_c (au)	0.1721 ± 0.0050	0.1717 ± 0.0037
M_c ($M_\oplus$)	$11.24^{+0.65}_{-0.63}$	$11.22^{+0.60}_{-0.58}$
ρ_c ($\rho_\oplus$)	$0.453^{+0.045}_{-0.041}$	$0.481^{+0.040}_{-0.037}$
ν^2 Lup d		
$R_d/R_\star$	$0.02219^{+0.00057}_{-0.00057}$	0.02181 ± 0.00022
R_d ($R_\oplus$)	$2.562^{+0.088}_{-0.079}$ (3.4%)	2.507 ± 0.042 (1.7%)
b ($R_\star$)	$0.41^{+0.14}_{-0.21}$	$0.355^{+0.042}_{-0.050}$
P (d)	107.245 ± 0.050	$107.1363^{+0.0019}_{-0.0024}$
$T_c - 2\,450\,000$ (BJD _{TDB})	$9\,009.7759^{+0.0101}_{-0.0096}$	$9\,331.18761^{+0.00100}_{-0.00096}$
Transit timing uncertainty in June 2022 (min)	504.4	14.0
W (h)	$8.87^{+0.56}_{-0.63}$	$9.062^{+0.054}_{-0.052}$
i (degree)	$89.73^{+0.14}_{-0.09}$	$89.766^{+0.036}_{-0.033}$
a_d (au)	0.425 ± 0.012	0.4245 ± 0.0092
M_d ($M_\oplus$)	$8.82^{+0.93}_{-0.92}$	$8.66^{+0.90}_{-0.91}$
ρ_d ($\rho_\oplus$)	$0.522^{+0.072}_{-0.072}$	$0.549^{+0.062}_{-0.062}$

Hill Yarıçapı

Ehrenreich vd. (2023)



$$r_{Hill} = \left[\frac{m_2}{3M_1} \right]^{1/3} a$$

ν^2 Lupi sistemi gezegenlerinin Güneş Sistemi gezegenleriyle karşılaştırmalı **Hill yarıçapları**. Gezegenlerden daha küçük kütleli cisimler bu hacimlerin içinde iseler yıldız etrafında değil gezegenin uydusu olarak onlarla ortak kütle merkezi etrafında dolanırlar.

AUKR'de TESS Takip Gözlemleri

THE ASTRONOMICAL JOURNAL, 162:292 (29pp), 2021 December

Addison et al.



TOI-1431b/MASCARA-5b: A Highly Irradiated Ultrahot Jupiter Orbiting One of the Hottest and Brightest Known Exoplanet Host Stars

Brett C. Addison¹ , Emil Knudstrup² , Ian Wong^{3,48} , Guillaume Hébrard⁴, Patrick Dorval⁵ , Ignas Snellen⁵ , Simon Albrecht² , Aaron Bello-Arufe⁶ , Jose-Manuel Almenara⁷ , Isabelle Boisse⁸, Xavier Bonfils⁷, Shweta Dalal⁴, Olivier D. S. Demangeon^{9,10,11}, Sergio Hoyer⁸ , Flavien Kiefer¹², N. C. Santos^{9,11} , Grzegorz Nowak^{13,14} , Rafael Luque^{13,14} , Monika Stangret^{13,14} , Enric Pallé^{13,14} , René Tronsgaard⁶ , Victoria Antoci^{2,6} , Lars A. Buchhave⁶ , Maximilian N. Günther^{15,49} , Tansu Daylan^{15,50} , Felipe Murgas^{13,14} , Hannu Parviainen^{13,14} , Emma Esparza-Borges^{13,14} , Nicolas Crouzet¹⁶ , Norio Narita^{13,17,18,19} , Akihiko Fukui^{13,17} , Kiyoe Kawauchi²⁰ , Noriharu Watanabe^{19,21,22} , Markus Rabus^{23,24,25} , Marshall C. Johnson²⁴ , Gilles P. P. L. Otten^{8,26} , Geert Jan Talens²⁷ , Samuel H. C. Cabot²⁸ , Debra A. Fischer²⁸ , Frank Grundahl² , Mads Fredslund Andersen² , Jens Jessen-Hansen², Pere Pallé^{13,14} , Avi Shporer¹⁵ , David R. Ciardi²⁹ , Jake T. Clark¹ , Robert A. Wittenmyer¹ , Duncan J. Wright¹, Jonathan Horner¹ , Karen A. Collins³⁰ , Eric L. N. Jensen³¹ , John F. Kielkopf³² , Richard P. Schwarz³³ , Gregor Srdoc³⁴, Mesut Yilmaz³⁵ , Hakan Volkan Senavci³⁵ , Brendan Diamond³⁶, Daniel Harbeck²⁴ , Thaddeus D. Komacek^{37,38} , Jeffrey C. Smith^{39,40} , Songhu Wang⁴¹ , Jason D. Eastman³⁰ , Keivan G. Stassun^{42,43} , David W. Latham³⁰ , Roland Vanderspek¹⁵ , Sara Seager^{3,15,44} , Joshua N. Winn⁴⁵ , Jon M. Jenkins³⁹ , Dana R. Louie^{37,46} , Luke G. Bouma⁴⁵ , Joseph D. Twicken^{39,40} , Alan M. Levine¹⁵ , and Brian McLean⁴⁷

¹ University of Southern Queensland, Centre for Astrophysics, USQ Toowoomba, West Street, QLD 4350, Australia; Brett.Addison@usq.edu.au

² Stellar Astrophysics Centre, Department of Physics and Astronomy, Aarhus University, Ny Munkegade 120, DK-8000 Aarhus C, Denmark

³ Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, USA

⁴ Institut d'Astrophysique de Paris, UMR7095 CNRS, Université Pierre & Marie Curie, 98bis boulevard Arago, F-75014 Paris, France

⁵ Leiden Observatory, Leiden University, Postbus 9513, 2300 RA Leiden, The Netherlands

⁶ DTU Space, National Space Institute, Technical University of Denmark, Elektrovej 328, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark

⁷ Université Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, F-38000 Grenoble, France

⁸ Aix Marseille Univ., CNRS, CNES, LAM, Marseille, France

⁹ Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Universidade do Porto, CAUP, Rua das Estrelas, 4150-762 Porto, Portugal

¹⁰ Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, Rua das Estrelas, 4150-762 Porto, Portugal

¹¹ Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua Campo Alegre, 4169-007, Porto, Portugal

¹² LESIA, Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, Université de Paris, 5 place Jules Janssen, F-92195 Meudon, France

¹³ Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), E-38200 La Laguna, Tenerife, Spain

¹⁴ Dept. Astrofísica, Universidad de La Laguna (ULL), E-38206 La Laguna, Tenerife, Spain

TUG'da TESS Takip Gözlemleri

A&A, 695, A281 (2025)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202452916>
© The Authors 2025

**Astronomy
&
Astrophysics**

TOI-2015 b: A sub-Neptune in strong gravitational interaction with an outer non-transiting planet

K. Barkaoui^{1,2,3,*} , J. Korth⁴ , E. Gaidos^{5,6} , E. Agol^{7,8} , H. Parviainen^{9,3} , F. J. Pozuelos¹⁰ , E. Palle^{3,9} ,
N. Narita^{12,13,3} , S. Grimm^{15,16} , M. Brady¹⁷ , J. L. Bean¹⁷, G. Morello^{10,11} , B.V. Rackham^{2,18} ,
A. J. Burgasser³³ , V. Van Grootel¹⁹, B. Rojas-Ayala²⁰ , A. Seifahrt²¹, E. Marfil²² , V. M. Passegger^{23,3,9,24} ,
M. Stalport¹⁹ , M. Gillon¹ , K. A. Collins²⁶, A. Shporer¹⁸, S. Giacalone²⁸, S. Yalçinkaya^{29,30,1} , E. Ducrot^{★,31},
M. Timmermans¹, A. H. M. J. Triaud³² , J. de Wit², A. Soubkiou²⁵ , C. N. Watkins²⁶, C. Aganze²⁷,
R. Alonso^{3,9} , P. J. Amado¹⁰ , R. Basant¹⁷ , Ö. Baştürk^{29,30} , Z. Benkhaldoun²⁵ , A. Burdanov²,
Y. Calatayud-Borras^{3,9}, J. Chouqar²⁵, D. M. Conti³⁴ , K. I. Collins²⁵ , F. Davoudi¹ , L. Delrez^{1,19}, C. D. Dressing³⁶,
J. de Leon³⁷, M. Dévora-Pajares³⁸, B. O. Demory³⁹, G. Dransfield³² , E. Esparza-Borges^{3,9},
G. Fernández-Rodríguez^{3,9}, I. Fukuda³⁷ , A. Fukui^{12,3}, P. P. M. Gallardo^{3,9}, L. Garcia^{40,1}, N. A. Garcia^{3,9},
M. Ghachoui^{25,1} , S. Geraldía-González^{3,9} , Y. Gómez Maqueo Chew⁴¹ , J. González-Rodríguez^{3,9} ,
M. N. Günther⁴² , Y. Hayashi³⁷, K. Horne⁴³ , M. J. Hooton⁴⁴ , C. C. Hsu⁴⁵ , K. Ikuta³⁷, K. Isogai^{46,37},
E. Jehin¹⁹ , J. M. Jenkins⁴⁷ , K. Kawauchi⁴⁸, T. Kagitani³⁷, Y. Kawai³⁷, D. Kasper¹⁷, J. F. Kielkopf⁴⁹,
P. Klagyivik⁵⁰ , G. Lacedelli³ , D. W. Latham²⁶, F. Libotte^{3,51,52}, R. Luque^{17,★,★,★} , J. H. Livingston^{13,53,54},
L. Mancini^{55,56,57} , B. Massey⁵⁸ , M. Mori^{13,53} , S. Muñoz Torres^{3,9} , F. Murgas^{3,9} , P. Niraula²,
J. Orell-Miquel^{3,9}, David Rapetti^{47,14} , R. Rebolo-López^{3,9} , G. Ricker¹⁸, R. Papini⁵⁹ , P. P. Pedersen^{44,60},
A. Peláez-Torres¹⁰ , J. A. Pérez-Prieto³, E. Poulourtzidis^{3,61}, P. M. Rodríguez^{3,9}, D. Queloz^{44,60}, A. B. Savel⁶²,
N. Sanché³⁹, M. Sánchez-Benavente^{3,9}, L. Sibbald⁶³, R. Sefako⁶⁴ , S. Sohy¹⁹, A. Sota¹⁰ , R. P. Schwarz²⁶ ,
S. Seager^{33,9,62} , D. Sebastian³² , J. Southworth⁶⁵ , M. Stangret⁶⁶, G. Stefánsson⁶⁷, J. Stürmer⁶⁸, G. Srdoc⁶⁹,
S. J. Thompson⁴⁴ , Y. Terada^{70,71}, R. Vanderspek¹⁸, G. Wang⁷², N. Watanabe³⁷, F. P. Wilkin⁷³ , J. Winn⁷⁴ ,
R. D. Wells³⁹, C. Ziegler⁷⁵, and S. Zúñiga-Fernández¹ 

(Affiliations can be found after the references)



OrCAS: Origins, Compositions, and Atmospheres of Sub-Neptunes. I. Survey Definition

Ian J. M. Crossfield^{1,2}, Alex S. Polanski^{1,3}, Paul Robertson⁴, Joseph Akana Murphy⁵, Emma V. Turtelboom⁶, Rafael Luque^{7,43} , Thomas Beatty⁸, Tansu Daylan⁹, Howard Isaacson⁶ , Jonathan Brande¹ , Laura Kreidberg² , Natalie M. Batalha⁵ , Daniel Huber^{10,11}, Maleah Rhem¹, Courtney Dressing⁶, Stephen R. Kane¹², Malik Bossett⁵, Anna Gagnebin⁵, Maxwell A. Kroft⁸ , Pranav H. Premnath⁴ , Claire J. Rogers⁴ , Karen A. Collins¹³ , David W. Latham¹³ , Cristilyn N. Watkins¹³ , David R. Ciardi¹⁴ , Steve B. Howell¹⁵ , Arjun B. Savel¹⁶ , Perry Berlind¹³, Michael L. Calkins¹³, Gilbert A. Esquerdo¹³, Jessica Mink¹³, Catherine A. Clark^{14,17} , Michael B. Lund¹⁴ , Rachel A. Matson¹⁸ , Mark E. Everett¹⁹ , Joshua E. Schlieder²⁰ , Elisabeth C. Matthews² , Steven Giacalone^{21,44} , Thomas Barclay²⁰ , Roberto Zambelli²², Peter Plavchan²³, Taylor Ellingson²³, Michael Bowen²³, Gregor Srdoc²⁴, Kim K. McLeod²⁵ , Richard P. Schwarz¹³ , Khalid Barkaoui^{26,27,28} , Jacob Kamler²⁹, Felipe Murgas^{28,30} , Enric Palle^{28,30}, Norio Narita^{28,31,32} , Akihiko Fukui^{28,31} , Howard M. Relles¹³ , Allyson Bieryla¹³ , Eric Girardin³³, Bob Massey³⁴ , Chris Stockdale³⁵ , Pablo Lewin³⁶ , Riccardo Papini³⁷ , Pere Guerra³⁸ , Dennis M. Conti³⁹ , Selçuk Yalçinkaya^{40,41}, Özgür Baştürk^{40,41} and Ghachoui Mourad⁴²

¹ Department of Physics and Astronomy, University of Kansas, Lawrence, KS, USA; ianc@ku.edu

² Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg, Germany

³ Lowell Observatory, 1400 W. Mars Hill Road, Flagstaff, AZ 86001, USA

⁴ Department of Physics and Astronomy, University of California, Irvine, CA 92697, USA

⁵ Department of Astronomy and Astrophysics, University of California, Santa Cruz, CA 95060, USA

⁶ Department of Astronomy, University of California Berkeley, Berkeley, CA 94720, USA

⁷ Department of Astronomy & Astrophysics, University of Chicago, Chicago, IL 60637, USA

⁸ Department of Astronomy, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706, USA

⁹ Department of Physics and McDonnell Center for the Space Sciences, Washington University, St. Louis, MO 63130, USA

¹⁰ Institute for Astronomy, University of Hawai'i, 2680 Woodlawn Drive, Honolulu, HI 96822, USA

¹¹ Sydney Institute for Astronomy (SIfA), School of Physics, University of Sydney, NSW 2006, Australia

¹² Department of Earth and Planetary Sciences, University of California, Riverside, CA 92521, USA

¹³ Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138, USA

¹⁴ NASA Exoplanet Science Institute, IPAC, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125, USA

¹⁵ NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA 94035, USA

¹⁶ Department of Astronomy, University of Maryland, College Park, College Park, MD 20742, USA

¹⁷ Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91109, USA

Kaynaklar

- ✓ Charbonneau, David; Brown, Timothy M.; Latham, David W.; Mayor, Michel, 2000, "*Detection of Planetary Transits Across a Sun-like Star*", The Astrophysical Journal, 529, L45-L48
- ✓ Haswell, C. A., 2010, "Transiting Exoplanets: Measuring The Properties Of Planetary Systems", Cambridge University Press, Cambridge
- ✓ Knutson, Heather A., 2007, "*Extrasolar planets: Water on distant worlds*", Nature, 448, 143
- ✓ Madhusudhan, N.; Knutson, H.; Fortney, J. J.; Barman, T., 2014, "*Exoplanetary Atmospheres*", Protostars and Planets VI, University of Arizona Press, Tucson, 914 pp., p.739-762
- ✓ Mazeh, Tsevi, 2000, "*The Spectroscopic Orbit of the Planetary Companion Transiting HD 209458*", The Astrophysical Journal, 532, 55
- ✓ Winn, Joshua N, 2010, "*Transits and Occultations*", arXiv1001.2010W
- ✓ Yalçinkaya, S. 2018, "Ötegezegen Geçiş Işık Eğrisi Modelleri", Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Semineri