

27 - Planetas Extrasolares

A dramatic, fiery landscape with a massive sun and a planet in the sky. The scene is dominated by intense orange and yellow light from a large sun on the left, which has prominent solar flares. In the foreground, there are dark, jagged rock formations and a path leading towards a body of molten lava. On the right, there are more rock formations with small fires or lava flows. In the upper right, a smaller planet or moon is visible in the dark sky. The overall atmosphere is one of intense heat and volcanic activity.

Se denomina planeta extrasolar o exoplaneta a un planeta que orbita una estrella diferente al Sol y que, por tanto, no pertenece a nuestro Sistema Solar.



Imagen del VLT NACO, tomada en la banda-Ks, de GQ Lupi. El punto débil de luz a la derecha de la estrella es el compañero frío recién descubierto GQ Lupi b. Es 250 veces más débil que la propia estrella y situado 0,73 arcosegundos al oeste. A la distancia de GQ Lupi, esto corresponde a una distancia de aproximadamente 100 UA.

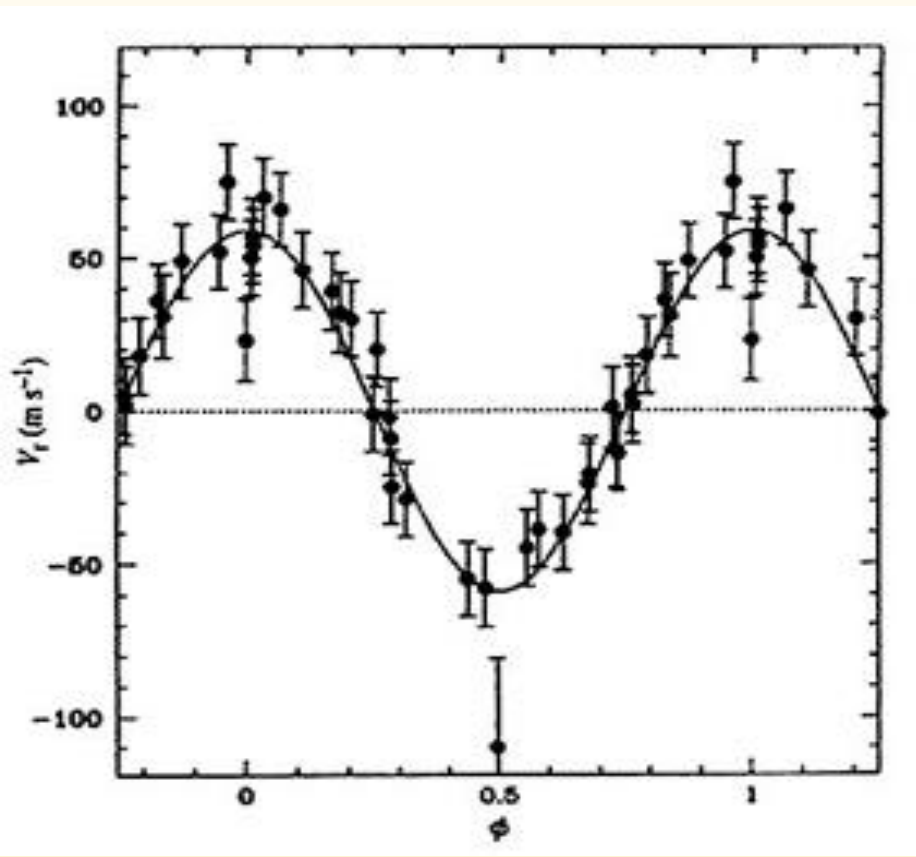
Aleksander Wolszczan, un astrónomo polaco anunció en 1992 el descubrimiento de 3 objetos subestelares de baja masa orbitando el púlsar PSR B1257+12.1

Estos fueron los primeros planetas extrasolares descubiertos y el anuncio fue toda una sorpresa. Se cree que estos planetas se formaron de los restos de la explosión de la supernova que produjo el púlsar.



51 Peg (1. planeta extrasolar)

51 Peg: maximo en $v \sin i = 60 \text{ m s}^{-1}$ periodo = 4.23 días
=> planeta de masa $\sim 0.5 M_{\text{Jup}}$

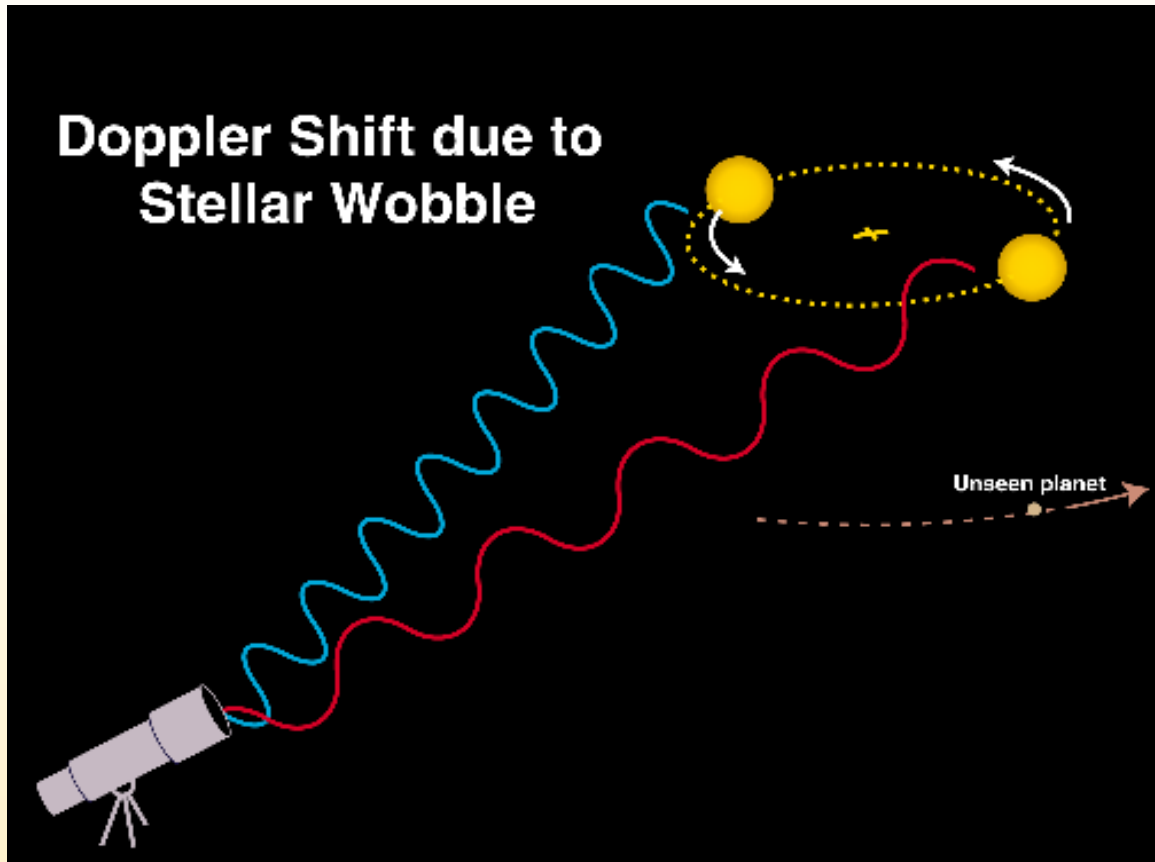


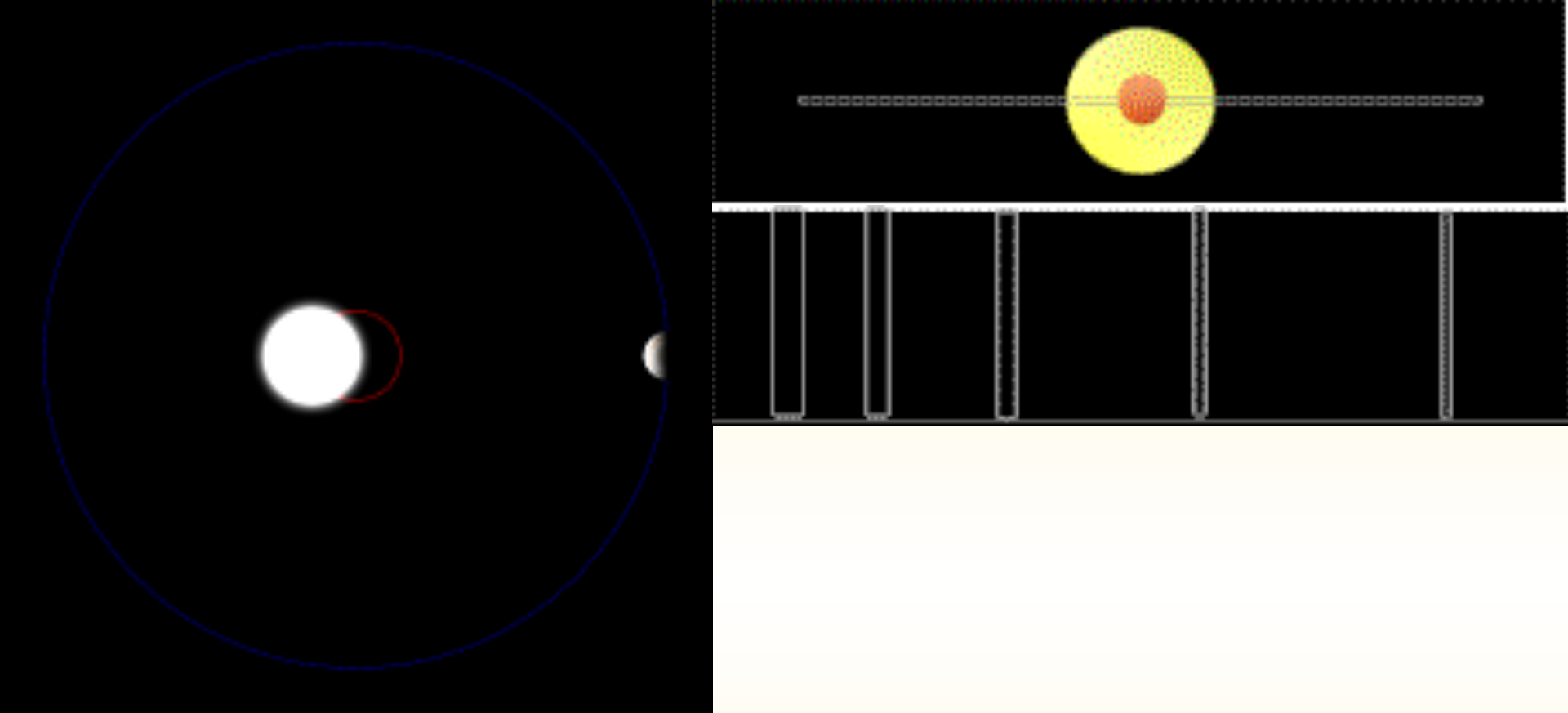
En 1995 Michel Mayor y Didier Queloz descubrieron mediante métodos de detección indirectos el primer planeta extrasolar orbitando una estrella en la secuencia principal.

La estrella principal era 51 Pegasi y se dio en llamar al planeta **51 Pegasi b**.

Para buscar planetas

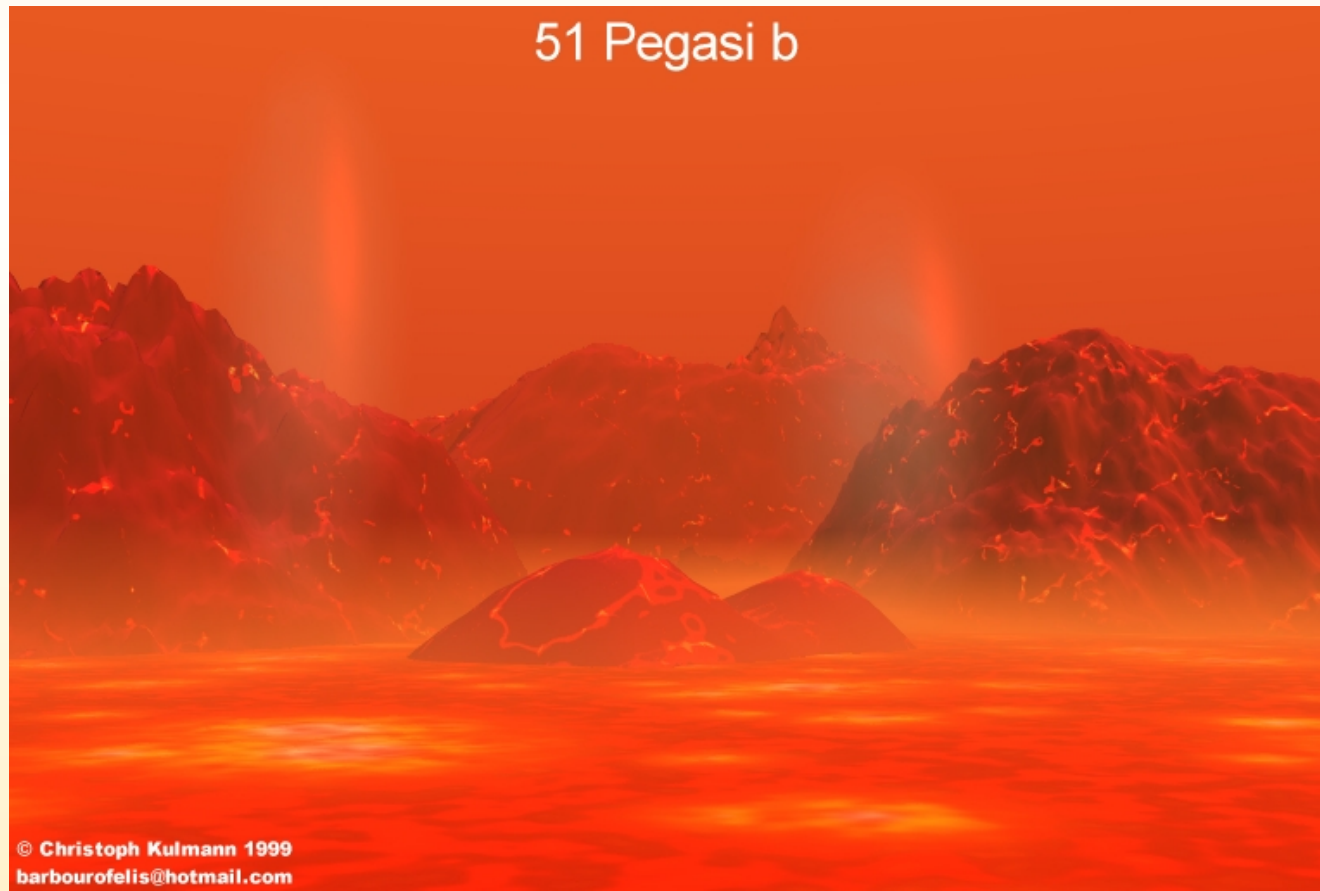
El método más acertado es el **método de Doppler** - buscando variaciones de la velocidad en la línea de visión debido a la influencia de un planeta.





Una estrella (al centro) y un planeta girando alrededor del centro de masa mutuo. Este movimiento estelar es detectable por el método de velocidades radiales (**método de Doppler**).

- Semi-eje major: 0.0527 ± 0.0030 UA
- Excentricidad: 0.013 ± 0.012
- Período orbital: 4.230785 ± 0.000036 días
- Masa: $0.472 \pm 0.039 M_{\text{Júpiter}}$ (min)

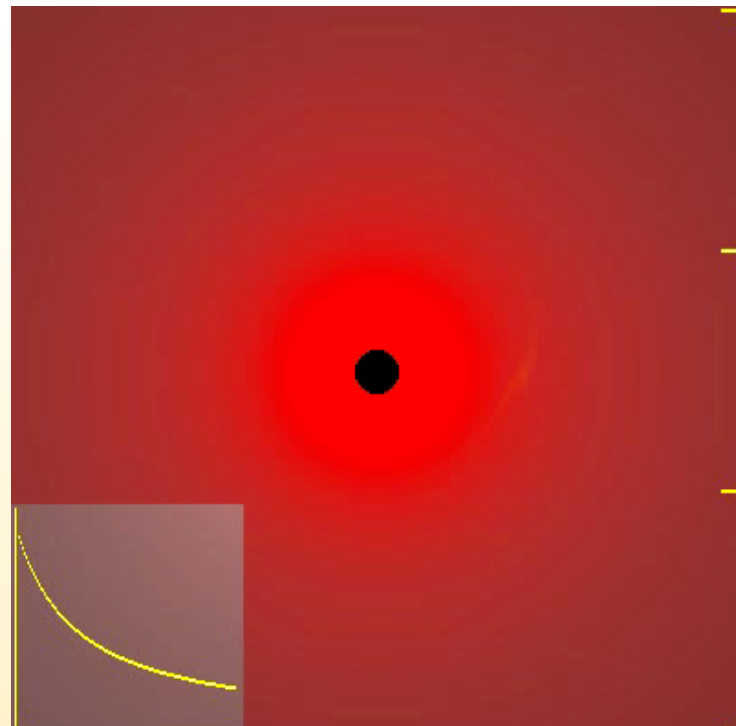




El descubrimiento del primer planeta extrasolar constituyó un importante éxito de la investigación astronómica al mostrar a los astrónomos que planetas de tipo gigante podían existir en órbitas de corto periodo algo que hasta entonces no se consideraba. Una vez que se vio que tales planetas podían existir, se sucedió un reguero de descubrimientos de planetas similares. Actualmente 51 Pegasi pertenece a toda una categoría de planetas llamados Júpiteres calientes.

Simulated naked eye view:
800 000 km from planet 51 Peg b surface
7 737 000 km from star 51 Peg surface

Planetas como 51 Pegasi b no son compatibles con los vigentes modelos de formación planetaria por lo que su descubrimiento incentivó el debate sobre las nuevas teorías de la **migración planetaria** según las cuales los planetas podrían a lo largo de su vida evolucionar sus órbitas pudiendo acercarse hacia su estrella mucho más cerca de donde originalmente se formaron.



Júpiter caliente

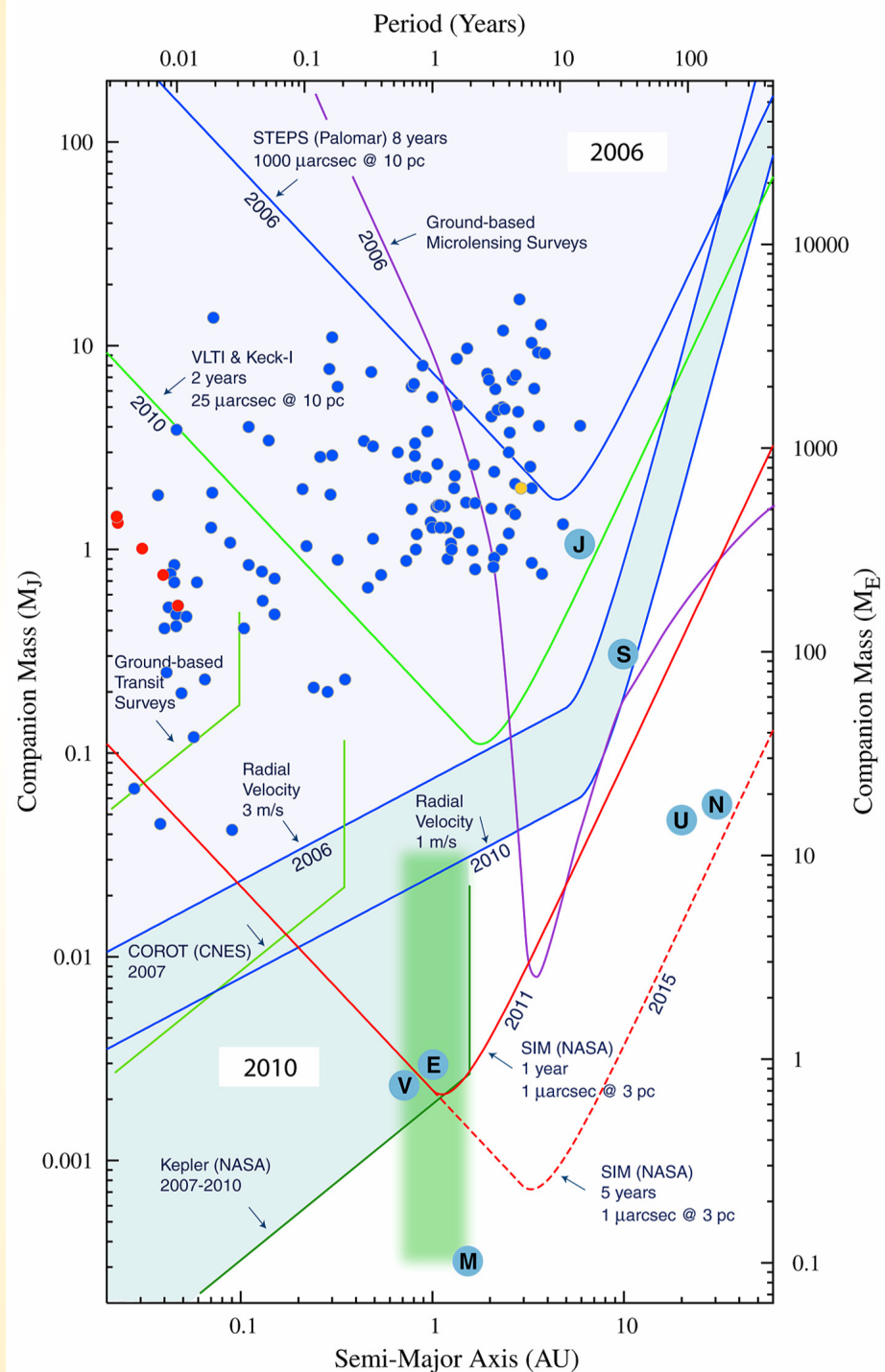
Un **Júpiter caliente** (también llamado pegasidio o planeta Pegasiano) es una clase de planeta extrasolar cuya masa está cerca de (o excede) la de Júpiter ($1,9 \times 10^{27}$ kg), pero a diferencia de nuestro sistema solar, donde Júpiter orbita al Sol a 5 UA, los planetas del tipo Júpiter Caliente lo hacen unas 100 veces más cerca de sus estrellas madre (alrededor de 0.05 UA). Un Júpiter Caliente está aproximadamente ocho veces más cerca a su estrella que Mercurio del Sol.

La existencia de planetas de este tipo fue propuesta en 1925 por Otto Struve, quien también propuso el uso de la medición de la velocidad radial de la estrella madre como un método de detección plausible.

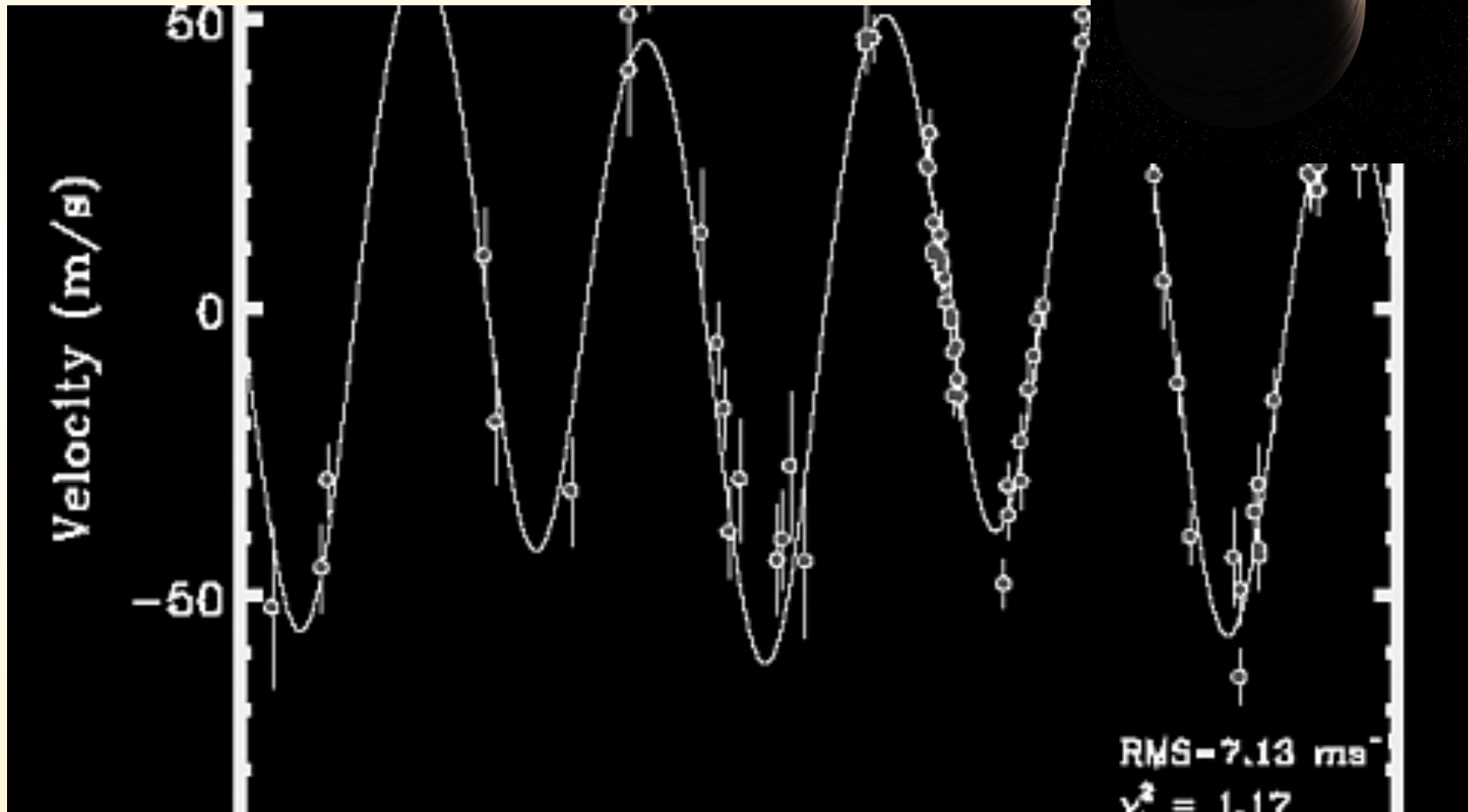
Los planetas de tipo Júpiter caliente tienen una serie de características comunes:

- La posibilidad de observar un tránsito delante de su estrella es mucho mayor que en planetas en órbitas más alejadas.
- Dado al alto nivel de insolación su densidad es menor que la que tendrían en otro caso.
- Se piensa que en todos ellos se ha producido migración planetaria, ya que no debería haber material suficiente tan cerca de la estrella para que se forme un planeta de esa masa.
- Todos tienen órbitas de baja excentricidad, pues sus órbitas tienden a ser circulares por el proceso de libración. Esto también causa que el planeta sincronice su rotación con el período orbital (rotación sincrónica).

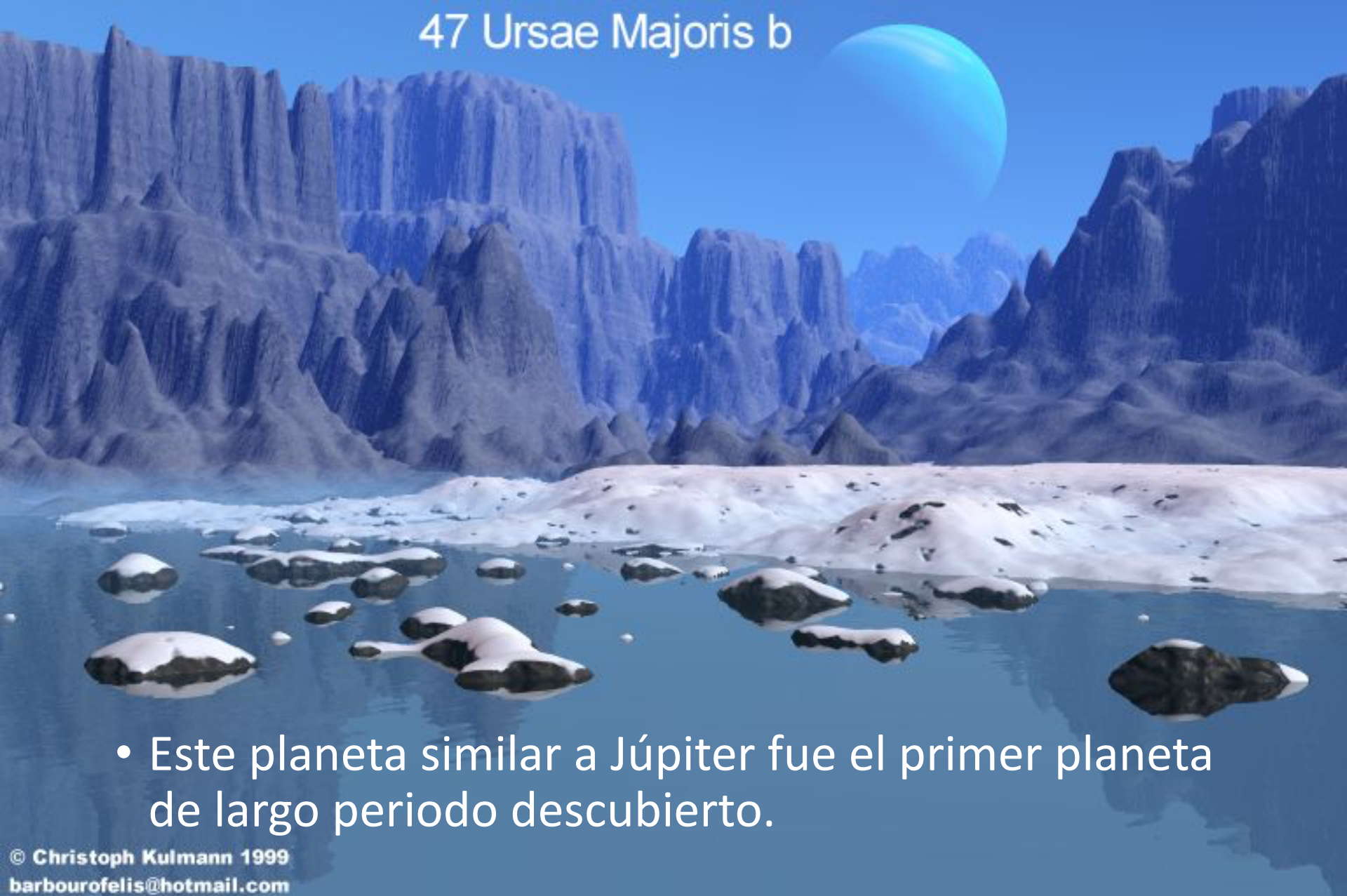
Los planetas tipo Júpiter caliente son los planetas extrasolares más fáciles de detectar por el método de velocidad radial, pues las oscilaciones que inducen en el movimiento de la estrella madre son relativamente grandes y rápidos en comparación a otro tipo de planetas.



47 Ursae Majoris b (1996)



47 Ursae Majoris b

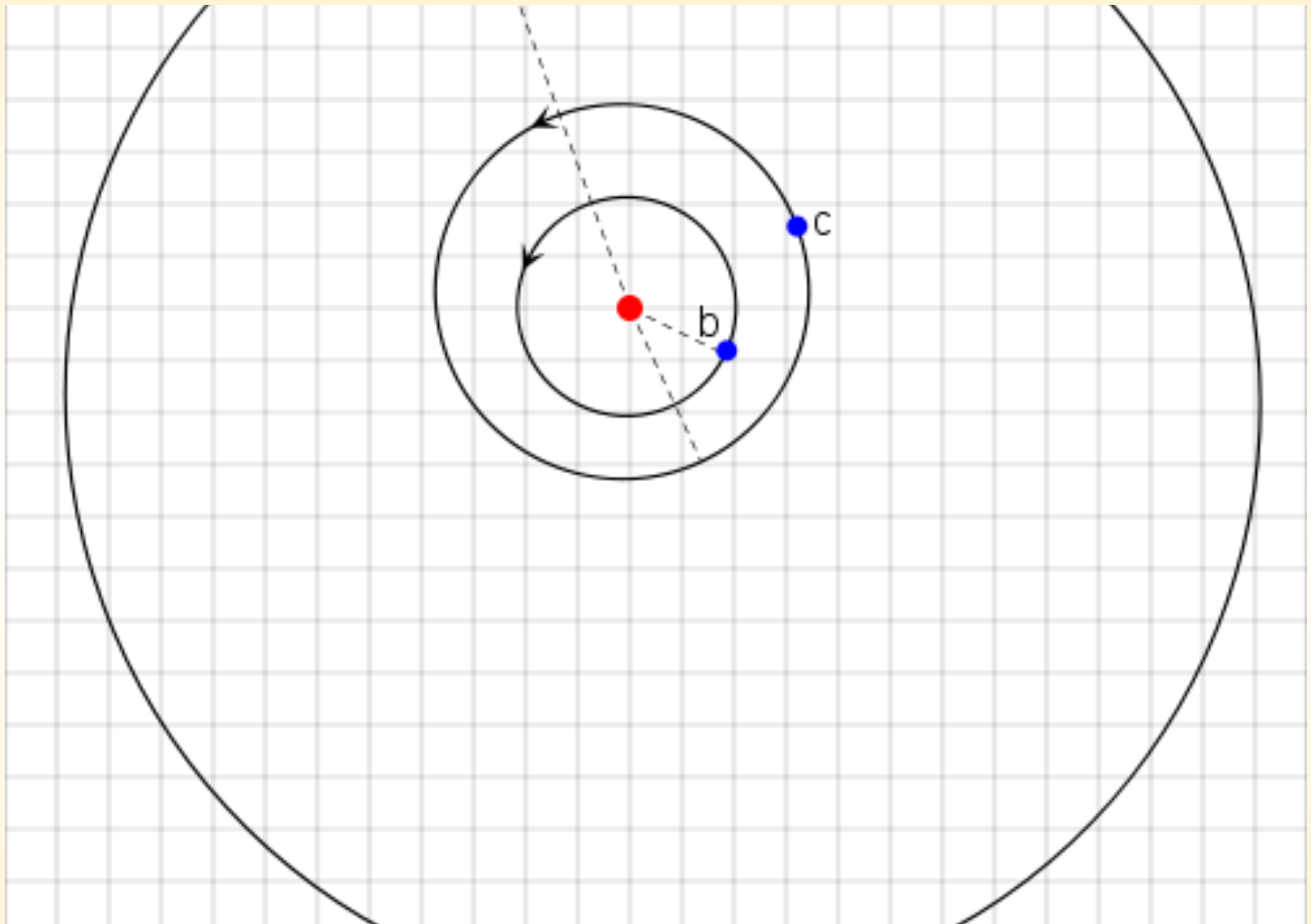


- Este planeta similar a Júpiter fue el primer planeta de largo periodo descubierto.

- **Semieje mayor** $2,11 \pm 0,04$ UA
- **Excentricidad** $0,049 \pm 0,014$
- **Período orbital** $1083,2 \pm 1,8$ días
- **Masa** $> 2,60 \pm 0,13 M_{\text{júpiter}}$
- **Radio** $1,1 M_{\text{júpiter}}$
- **Gravedad** $5,63 \text{ m/s}^2$
- **Temperatura** ~ 191 K

En 2002 se conoció que 47 Ursae Majoris contaba con dos planetas extrasolares orbitando a su alrededor. El 6 de marzo de 2010 se confirmó la existencia del tercer planeta 47 Ursae Majoris d.

planeta	Masa (M_J)	Periodo (d)	Semieje mayor (UA)	eccentricidad
b	$> 2.60 \pm 0.13$	1083.2 ± 1.8	2.11 ± 0.04	0.049 ± 0.014
c	$> 1.34 \pm 0.22$	7586 ± 727	7.73 ± 0.58	0.005
d	1.64 ± 0.48	14002 ± 5095	11.6 ± 2.9	0.16 ± 0.16



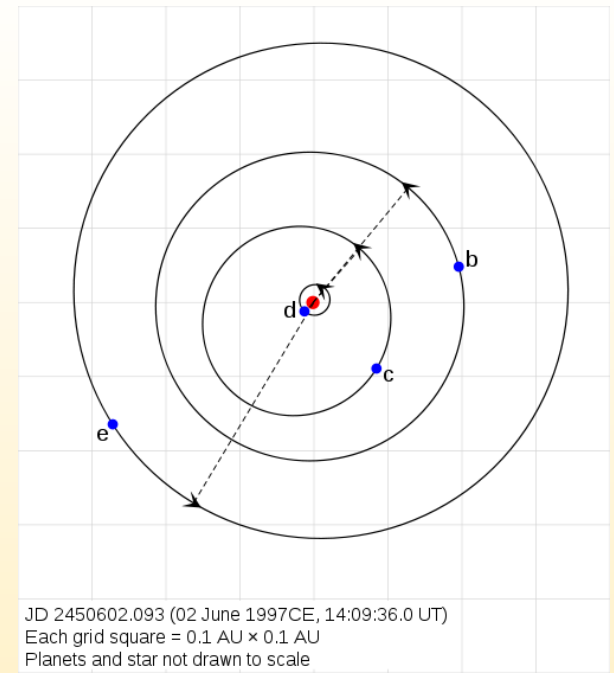
Gliese 876 b (1998)

El primer planeta descubierto que orbita alrededor de una estrella enana roja (Gliese 876). Su órbita es más cercana a la estrella que Mercurio es del Sol. Más planetas han sido descubiertos posteriormente cerca de la estrella.

Masa: $> 1,93 \pm 0,27 M_{\text{Júpiter}}$

© 2000 Lynette Cook

Gliese 876 b es un planeta extrasolar que orbita la estrella enana roja Gliese 876 cada 60,940 días. Descubierta en 1998, Gliese 876 b fue el primer planeta en ser hallado orbitando una enana roja. Según datos actuales, es el planeta más alejado dentro de su sistema planetario.

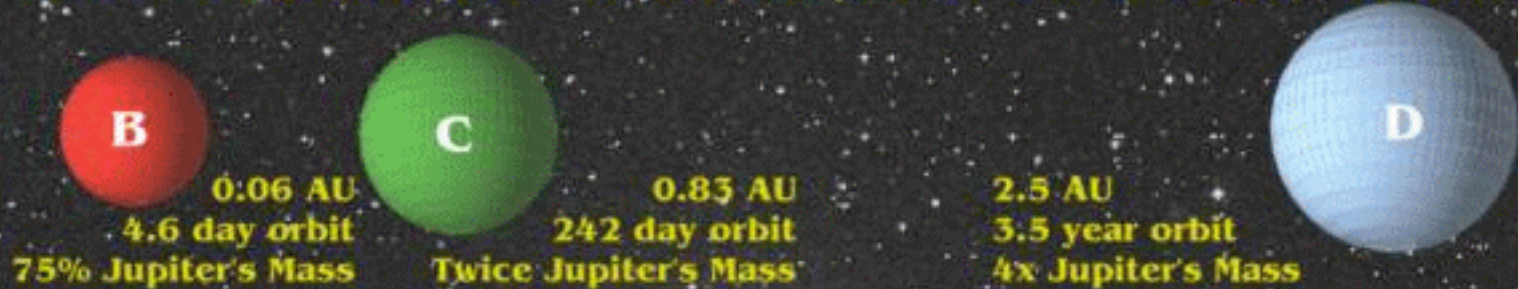


Upsilon Andromedae c

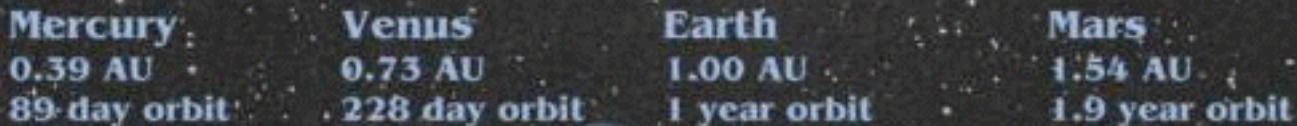
Upsilon Andromedae (1999)

El primer sistema planetario múltiple en ser descubierto en torno a una estrella de secuencia principal. Contiene tres planetas, todos los cuales son similares a Júpiter. Los planetas b, c, d se anunciaron en 1996 y 1999, respectivamente. Sus masas son 0,687, 1,97, y 3,93 M_J ; que orbitan a 0,0595, 0,830, y 2,54 UA, respectivamente.

The Upsilon Andromedae System

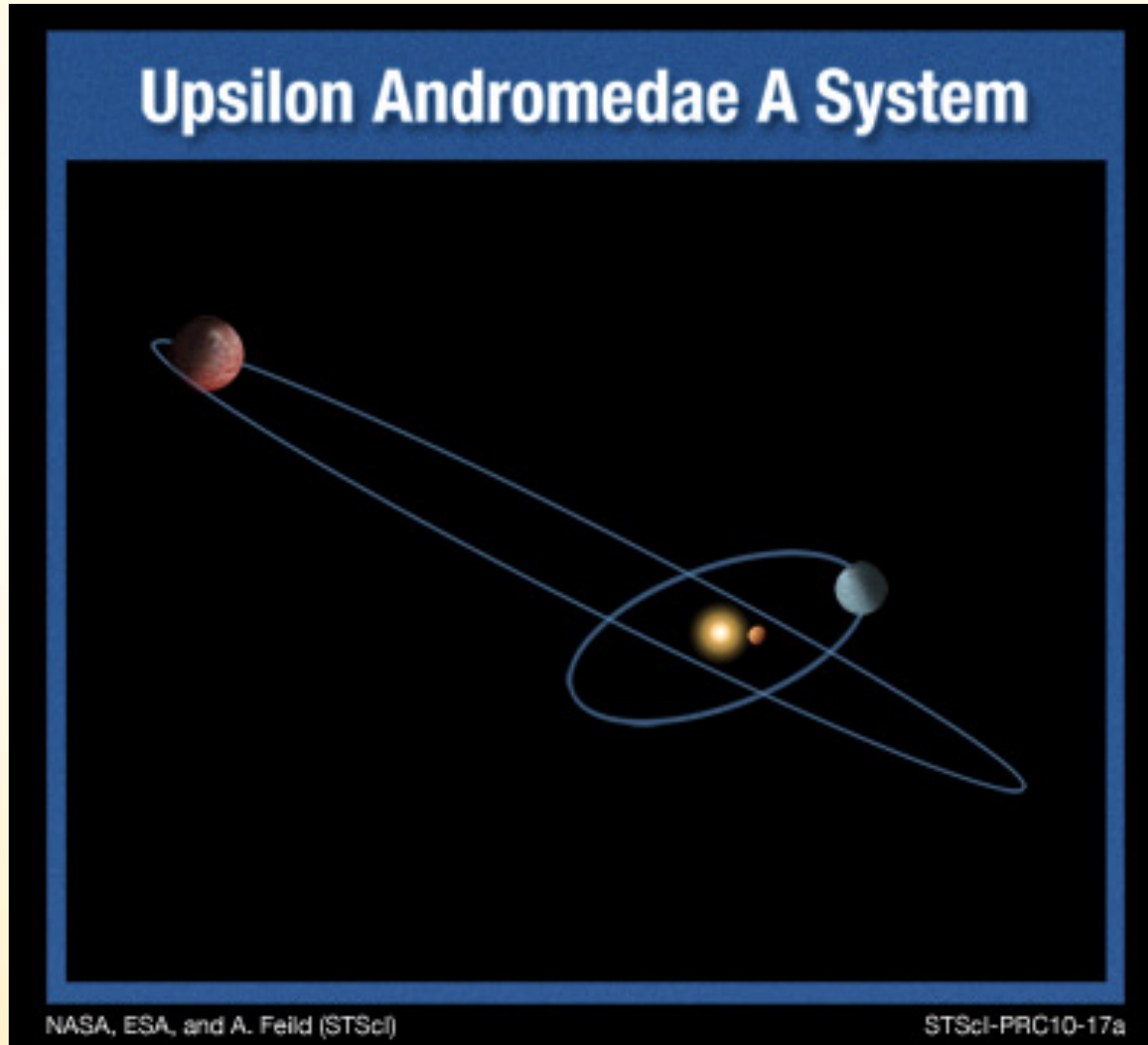


Our Inner Solar System



© Harvard-Smithsonian CfA (A. Condos), 1999

En 2007, sus inclinaciones se determinaron como no coplanares.



mecanismo de Kozai

En la mecánica celeste, el mecanismo de Kozai, o el mecanismo de Lidov-Kozai, provoca un intercambio periódico entre la inclinación y la excentricidad de una órbita. Es decir, la libración (oscilación alrededor de un valor constante) se produce en el argumento de pericentro.

El efecto fue descrito en 1961 por el especialista soviético en la dinámica del espacio Michael Lidov (en ruso: Михаил Львович Лидов), mientras que el análisis de las órbitas de los satélites artificiales y naturales de los planetas, y en 1962 por el astrónomo japonés Yoshihide Kozai al analizar las órbitas de los asteroides .

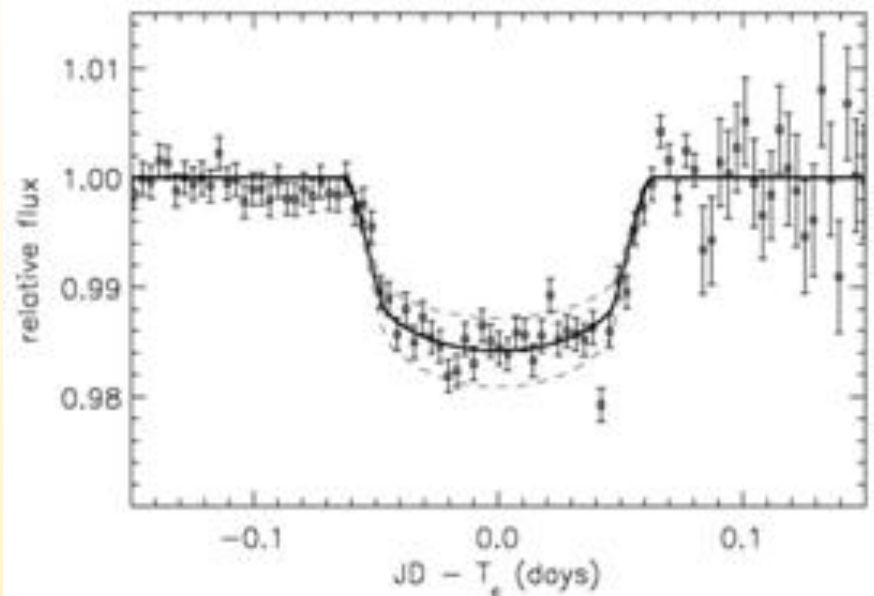
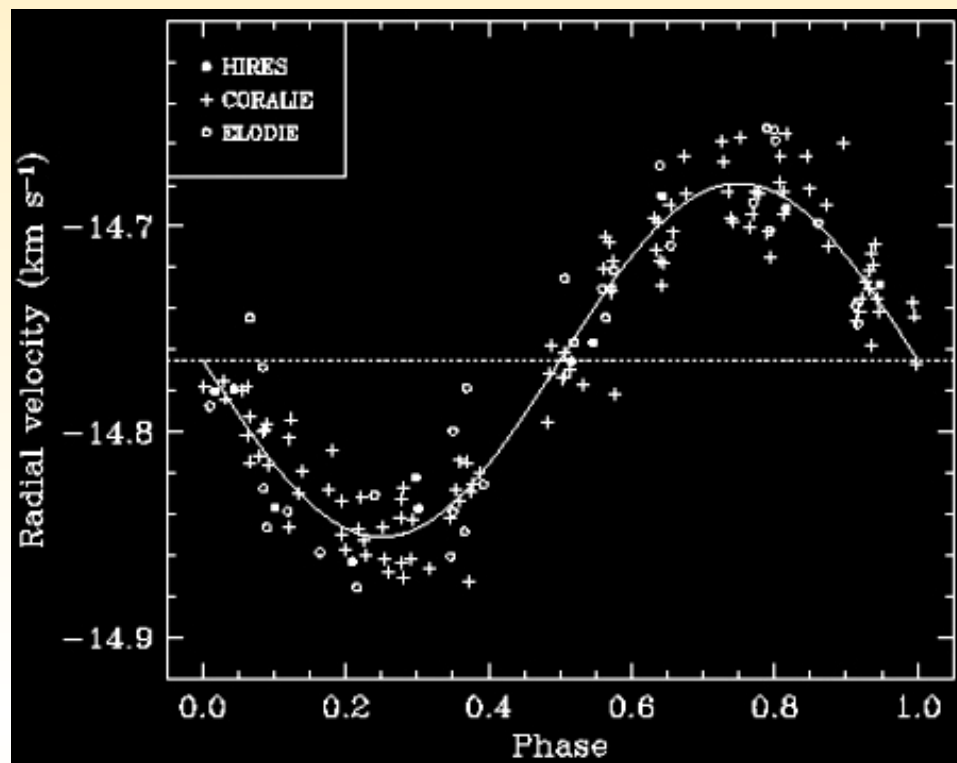
Desde entonces, este efecto se ha encontrado para ser un factor importante en la formación de las órbitas de los satélites irregulares de los planetas, objetos transneptunianos, y unos pocos planetas extrasolares y los sistemas de estrellas múltiples.

HD 209458 b (1999)

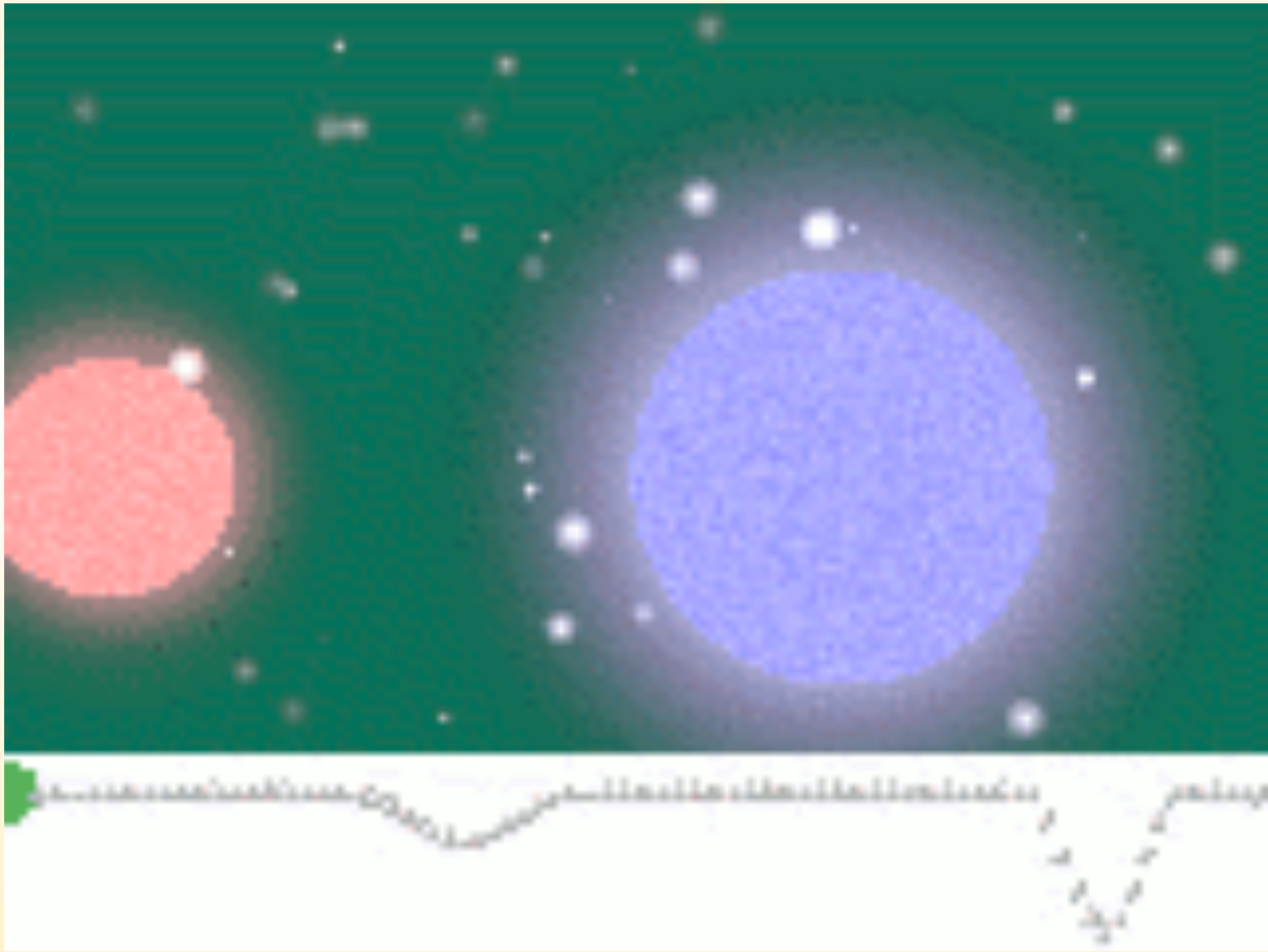
HD 209458 b es un planeta extrasolar que orbita la estrella de tipo solar HD 209458 en la constelación de Pegaso a 150 años luz de nuestro Sistema Solar.

El planeta ha sido llamado Osiris por sus descubridores aunque este nombre no ha sido aceptado todavía por la Unión Astronómica Internacional (IAU).

Este exoplaneta, descubierto originalmente por el método de la velocidad radial, se convirtió en el primer exoplaneta en ser visto transitando a su estrella madre. La detección del tránsito confirmó de manera concluyente la existencia de los planetas sospechosos de ser responsables de las mediciones de velocidad radial.



Tránsito astronómico

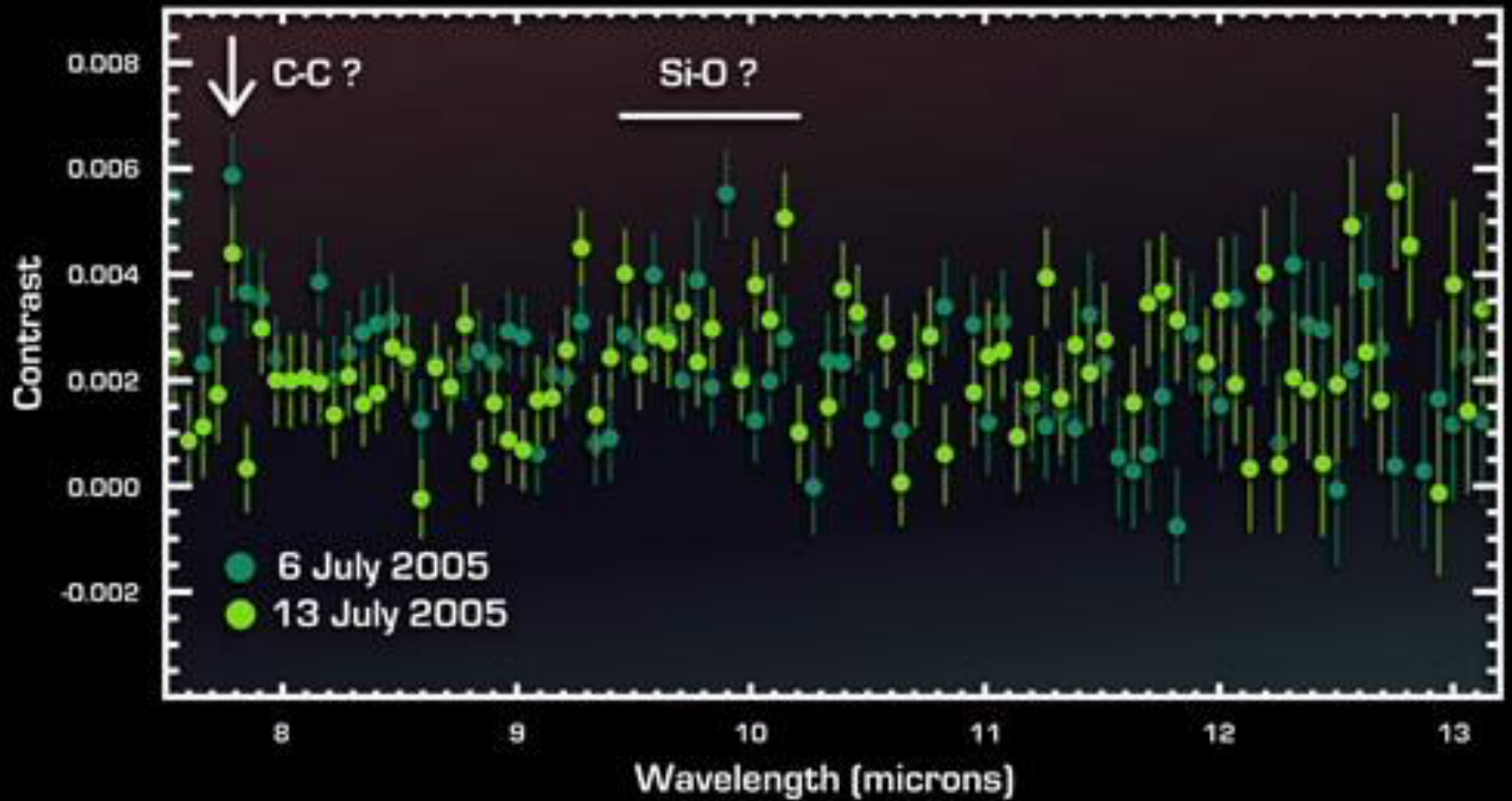


El radio de la órbita del planeta es de tan sólo 7 millones de kilómetros, 0,047 UA, un octavo del radio de la órbita de Mercurio. Debido a esta órbita tan pequeña el periodo de rotación anual de HD209458b es de 3,5 días terrestres. El planeta tiene una masa de 220 veces la masa terrestre (0,7 la masa de Júpiter).

Los astrónomos usando el Telescopio Espacial Hubble anunciaron (2001) que habían detectado la atmósfera de HD 209458 b.

Encontraron la firma espectroscópica del sodio en la atmósfera, pero a una intensidad menor de lo esperado, lo que sugiere que las nubes altas oscurecen las capas atmosféricas inferiores.

En 2008, el albedo de la capa de nubes se midió, y su estructura esta modelada como estratosférica.

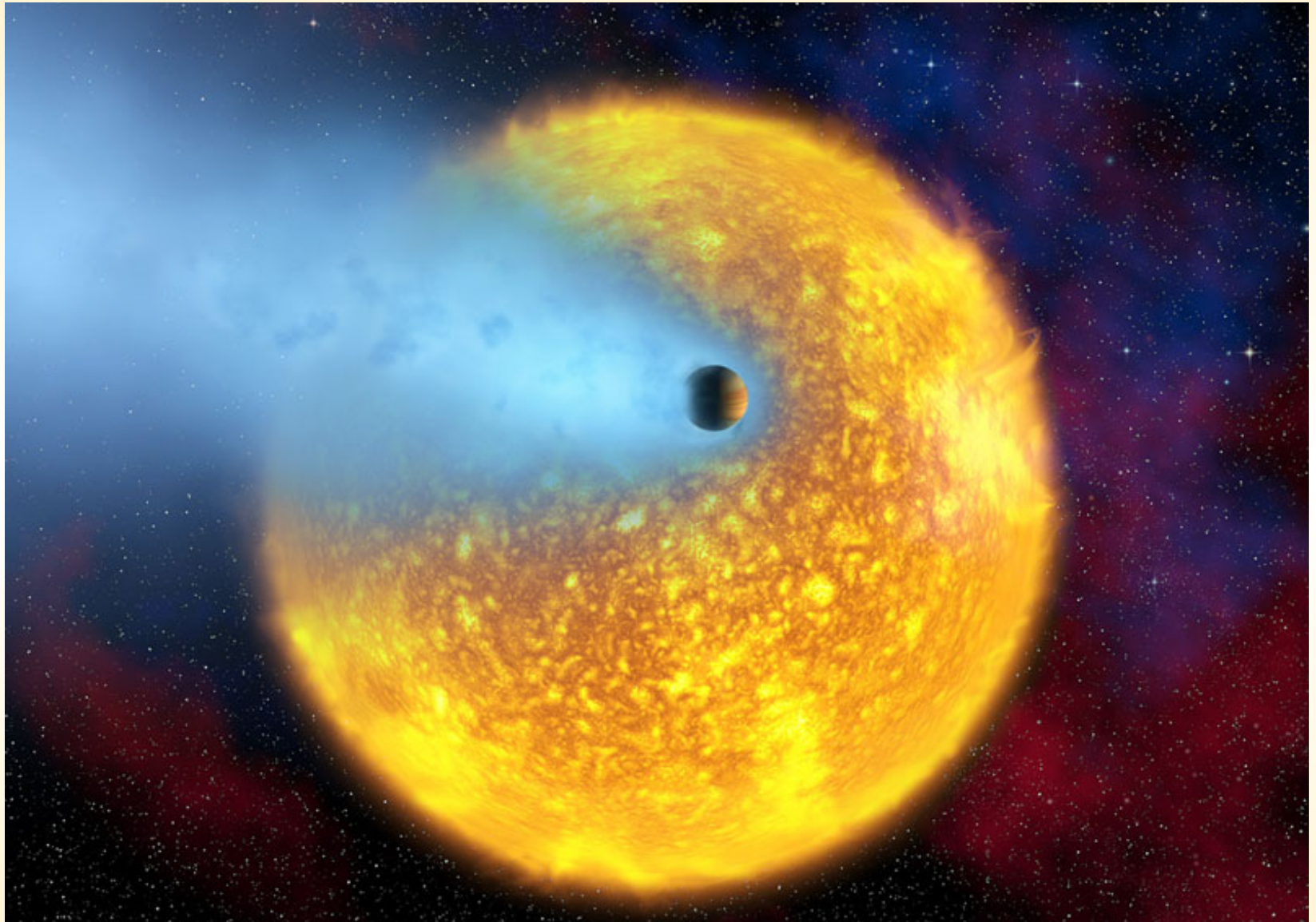


Infrared Spectrum of HD 209458b

NASA / JPL-Caltech / J. Richardson [Goddard Space Flight Center]

Spitzer Space Telescope • IRS

ssc2007-04a



Iota Draconis b

Iota Draconis b fue descubierto en 2002 usando el método de la velocidad radial y orbita alrededor de una estrella de la clase K y fue el primer planeta extrasolar descubierto en la órbita de una estrella gigante.

Masa: $8.82 \pm 0.72 M_{\text{Júpiter}} (\text{min})$

Es de una órbita excéntrica, que con ayuda de su detección como estrellas gigantes de pulsación, que puede simular la presencia de un planeta.

NN Serpentis

Es una estrella variable cataclísmica es un tipo de estrella variable que experimenta súbitos y espectaculares cambios en su brillo; también existen variables con cambios minúsculos pero rápidos ("centelleo" o flickering), como GP Com, originados por la caída de material en la "mancha caliente" (Hot Spot) o zona de impacto del disco de acreción.

Binarias cataclísmicas, que consisten en un sistema binario compuesto por una enana blanca y una enana roja o naranja de la secuencia principal que se hallan muy próximas.

A finales de 2009 y 2010 dos planetas gaseosos gigantes se encuentran en órbita sobre Serpentis NN, detectado por un equipo de investigadores del Reino Unido (Universidad de Warwick y de la Universidad de Sheffield), Alemania (Georg-August-Universität de Göttingen, Eberhard-Karls-Universität de Tübingen), Chile (Universidad de Valparaíso), y los Estados Unidos (Universidad de Texas en Austin).

Los investigadores utilizaron el hecho de que la Tierra se encuentra en el mismo plano que el sistema de NN Serpentis estrella binaria, para que podamos ver la enana roja más grande eclipse de la enana blanca cada 3 horas y 7 minutos.

Los astrónomos fueron capaces de utilizar estos eclipses frecuentes para detectar un patrón de irregularidades pequeño pero significativo en la órbita de las estrellas y demostró que el patrón se debió a la presencia y la influencia gravitacional de dos planetas masivos de gas gigantes.

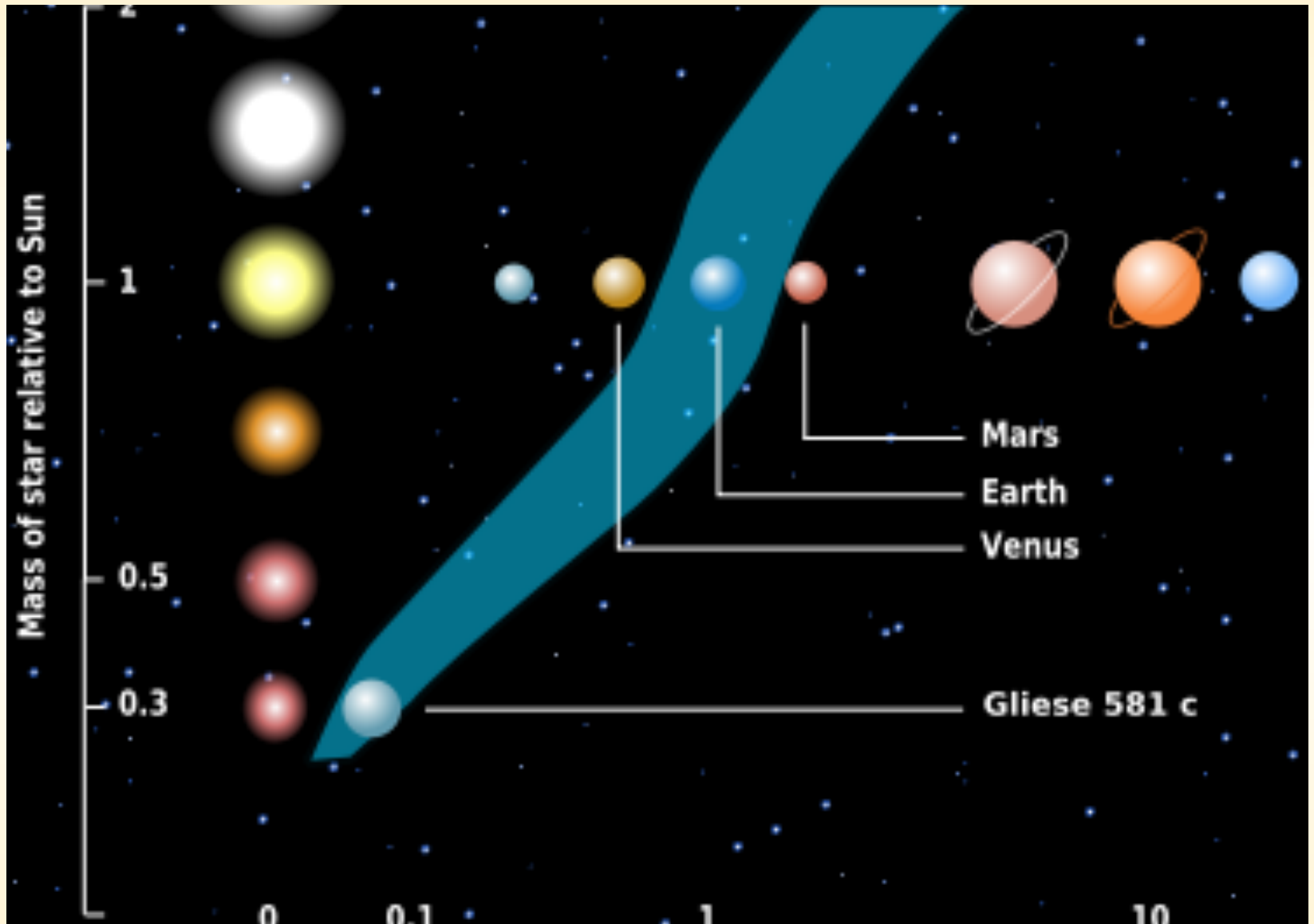
El gigante gaseoso más masivo es de aproximadamente 6 veces la masa de Júpiter y orbita la estrella binaria cada 15,5 años, las órbitas de todos los otros 7,75 años y está cerca de 1.6 veces la masa de Júpiter.

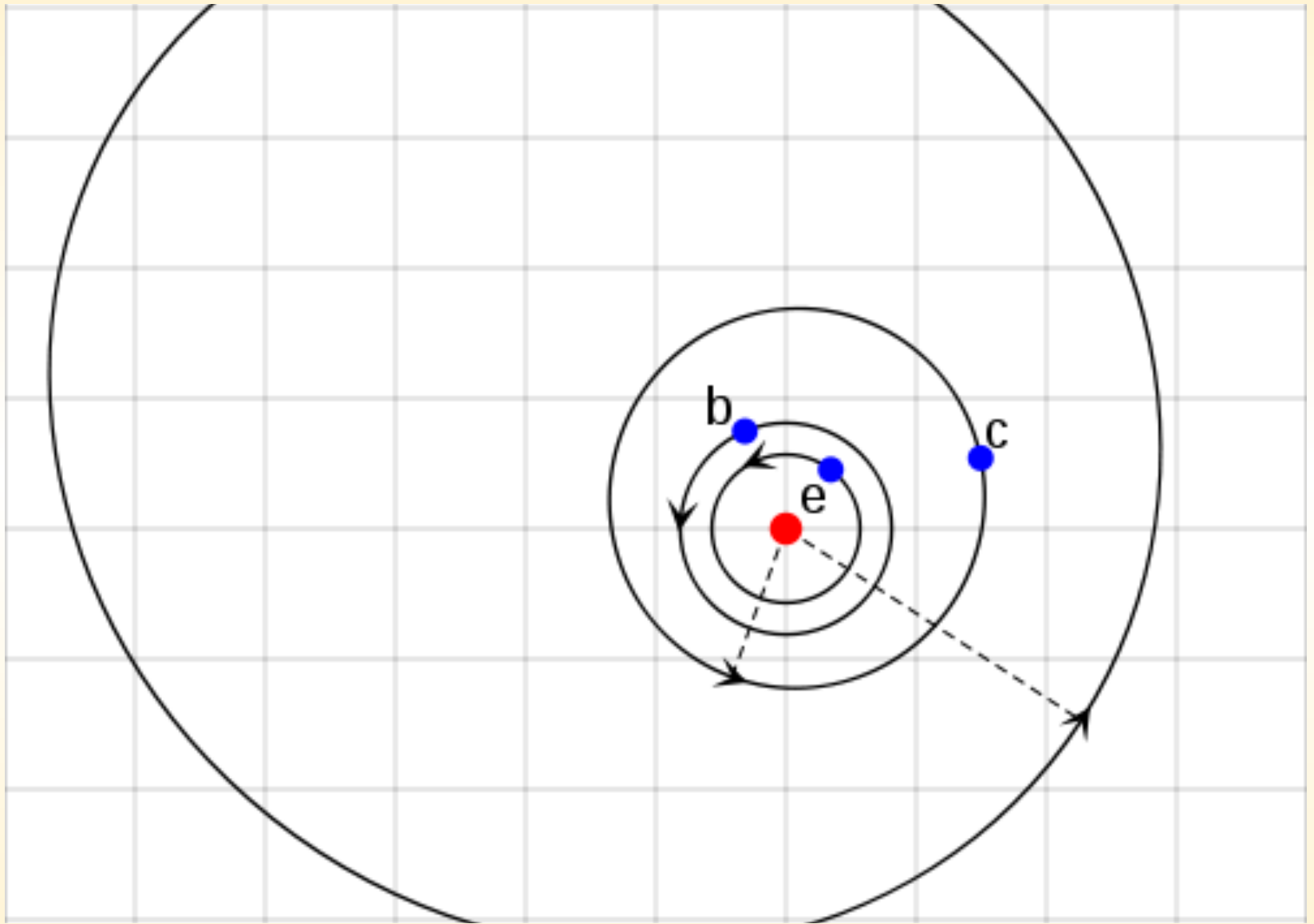
Gliese 581 c



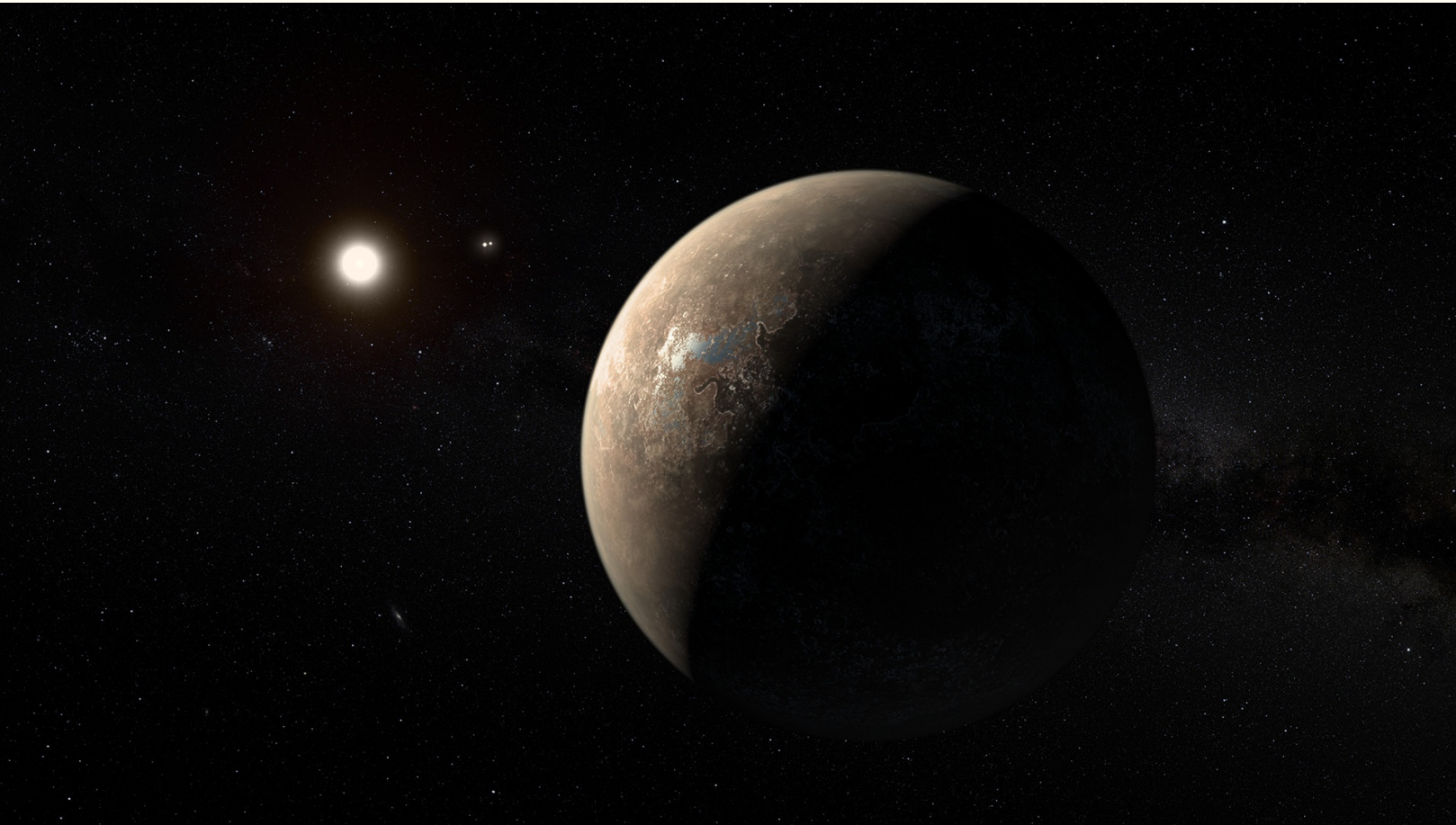
El exoplaneta conocido más semejante a la Tierra en masa y posición orbital es Gliese 581 c, descubierto en 2007 y cuya masa equivale a unas 5 veces la masa de la Tierra, y del que se presume sería un planeta terrestre grande.

Los expertos creen que este planeta está en la zona de habitabilidad de Gliese 581, y que podría tener agua líquida en su superficie.





Proxima Centauri b



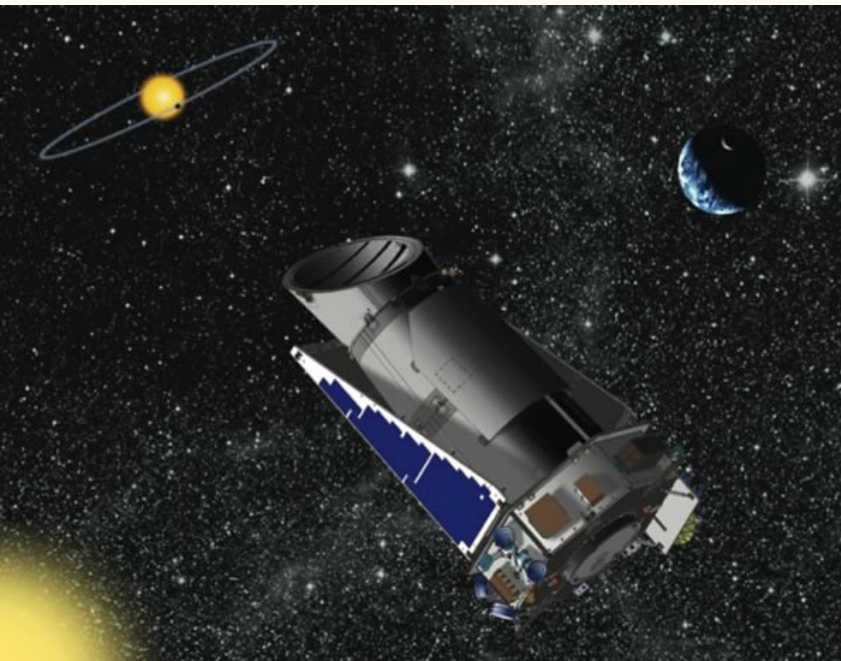
Proxima Centauri b es un exoplaneta que orbita en la zona habitable de la estrella enana roja Proxima Centauri, que es la estrella más cercana al Sol y parte de un sistema estelar triple.

Proxima Centauri b orbita la estrella a una distancia de aproximadamente 0.05 AU con un período orbital de aproximadamente 11.2 días terrestres, y tiene una masa estimada de al menos 1.2 veces la de la Tierra.

El planeta está sujeto a presiones de viento estelar de más de 2.000 veces las experimentadas por la Tierra por el viento solar y la habitabilidad de Proxima Centauri b aún no se ha establecido definitivamente.

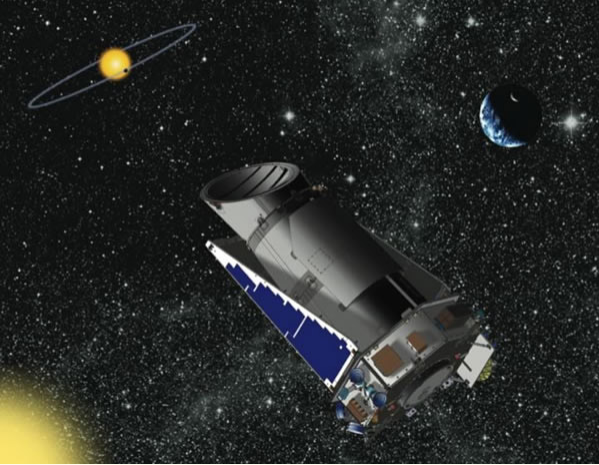
El descubrimiento del planeta se anunció en agosto de 2016.

El satélite Kepler



Kepler es el nombre de un satélite artificial que orbita alrededor del sol buscando planetas extrasolares, especialmente aquellos de tamaño similar a la Tierra, llevando a cabo lo que se conoce como misión Kepler.

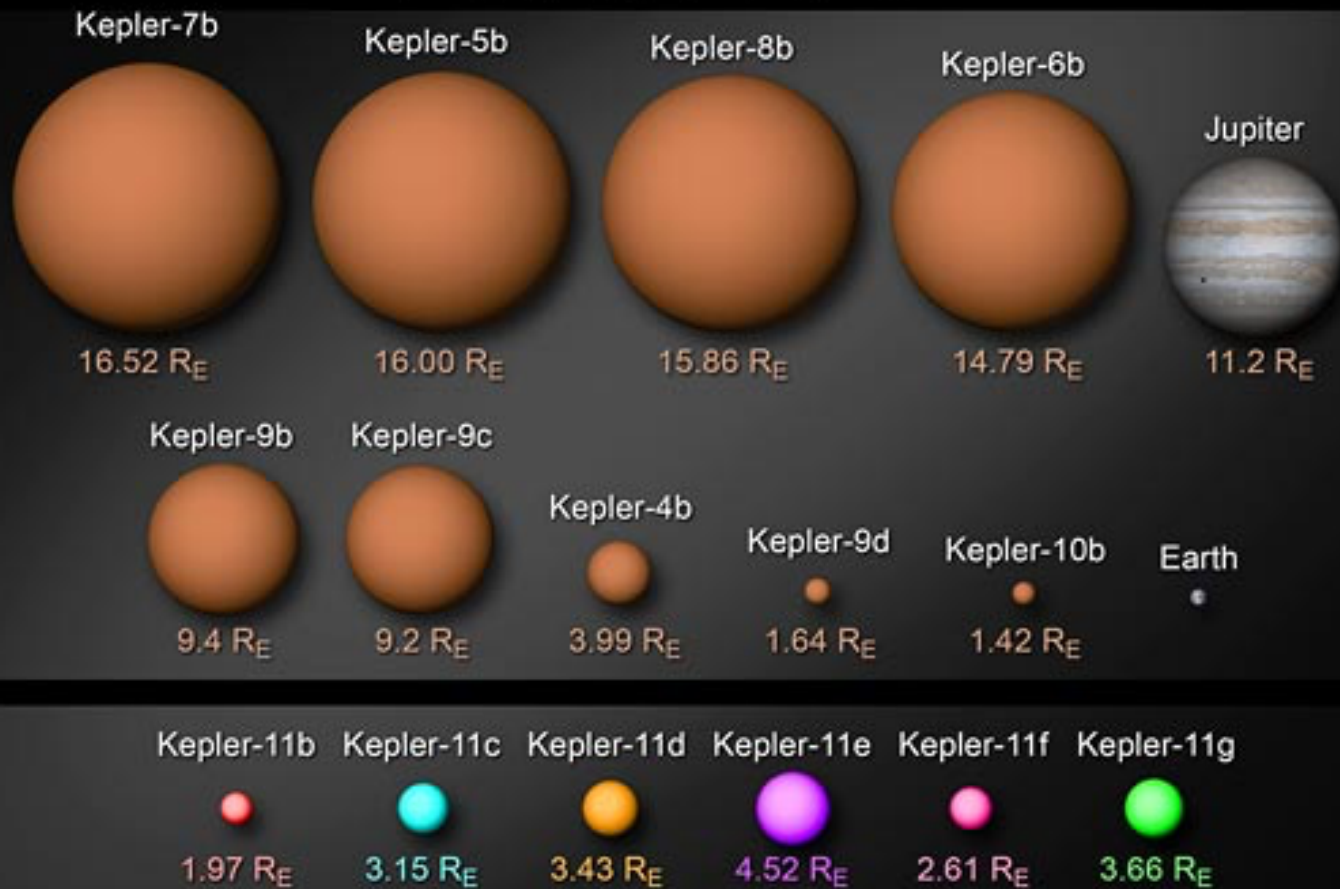
Fue lanzado por la NASA desde Cabo Cañaveral en la madrugada del 6 de marzo de 2009, en un cohete modelo Delta II.



Kepler-11 (2011)

Se anunció el 2 de febrero 2011. Es una estrella similar al Sol con un sistema de al menos seis exoplanetas con órbitas de períodos cortos. Está en la dirección de la constelación de Cygnus y cerca de 2.000 años luz de distancia. Fue descubierto por el Telescopio Espacial Kepler. Los planetas se nombraron alfabéticamente, comenzando por el más interno: Kepler-11b, Kepler-11c, Kepler-11d, Kepler-11e, Kepler-11f, Kepler-11g

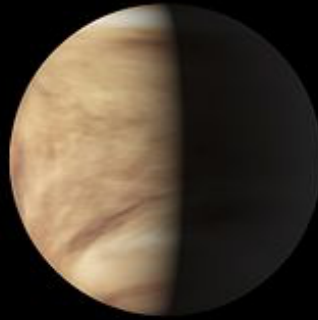
Planet Sizes



Kepler-20e



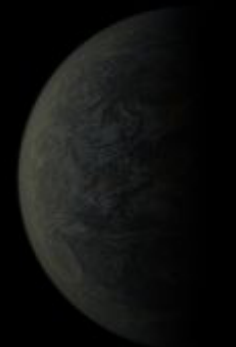
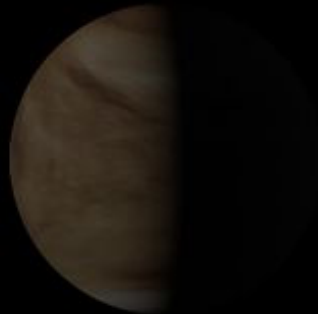
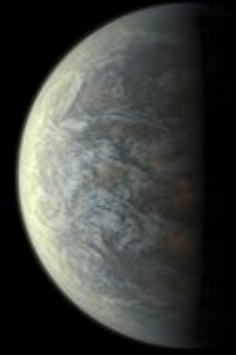
Venus



Earth



Kepler-20f



Mas de 2000 detecciones