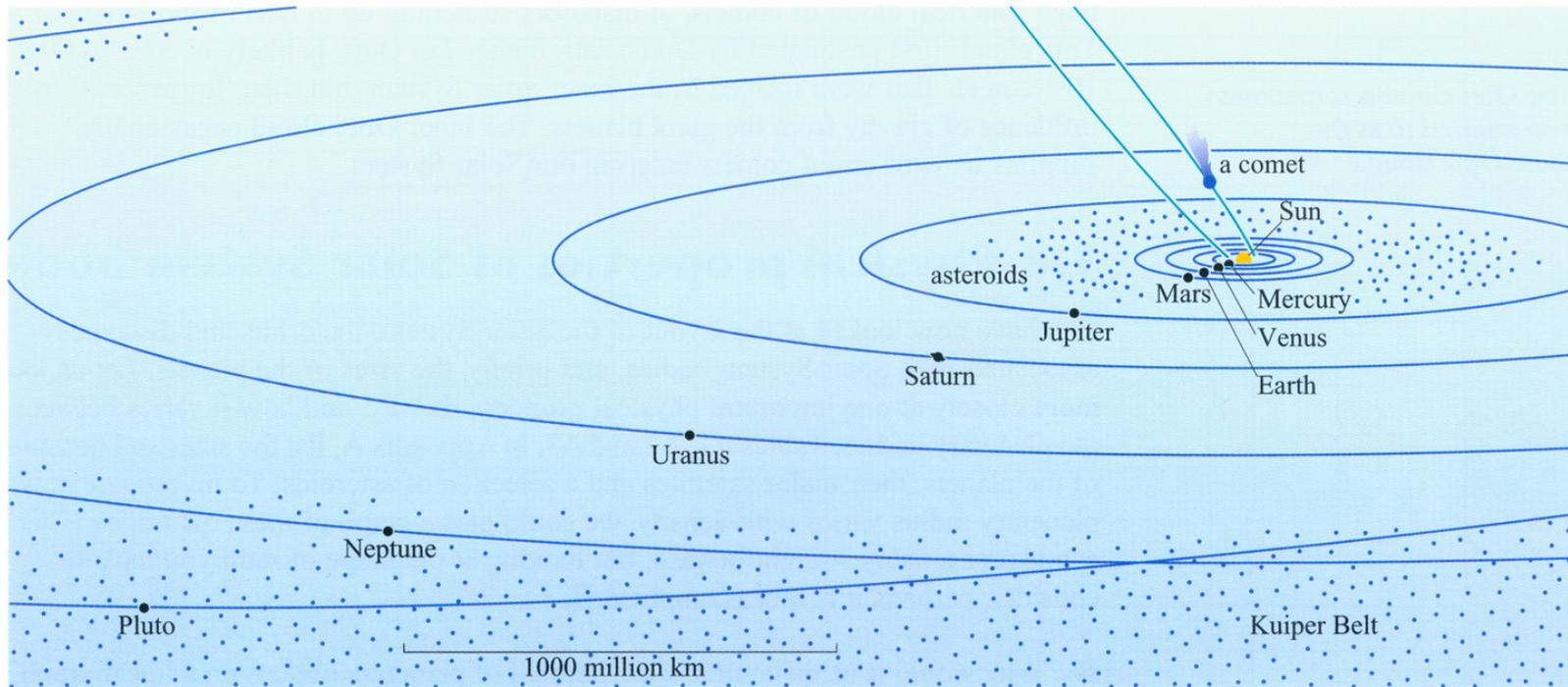


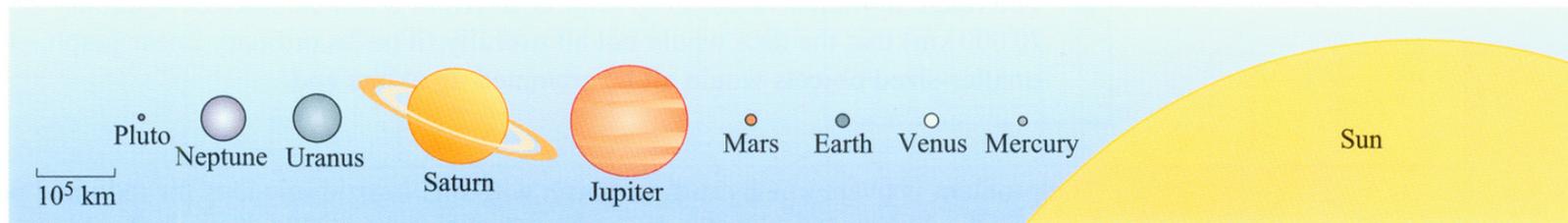
TEMA 12

- * Nuestro sistema solar.
- * La búsqueda de planetas más allá del sistema solar.
- * Observación de discos protoplanetarios.
- * El descubrimiento de planetas extrasolares.
- * Métodos de detección de planetas extrasolares.
- * Algunas estadísticas.

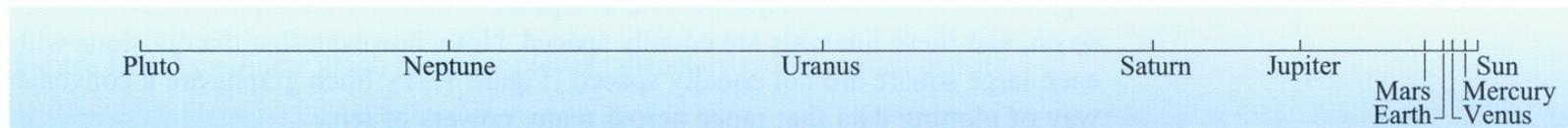
El sistema solar



(a)



(b)



(c)

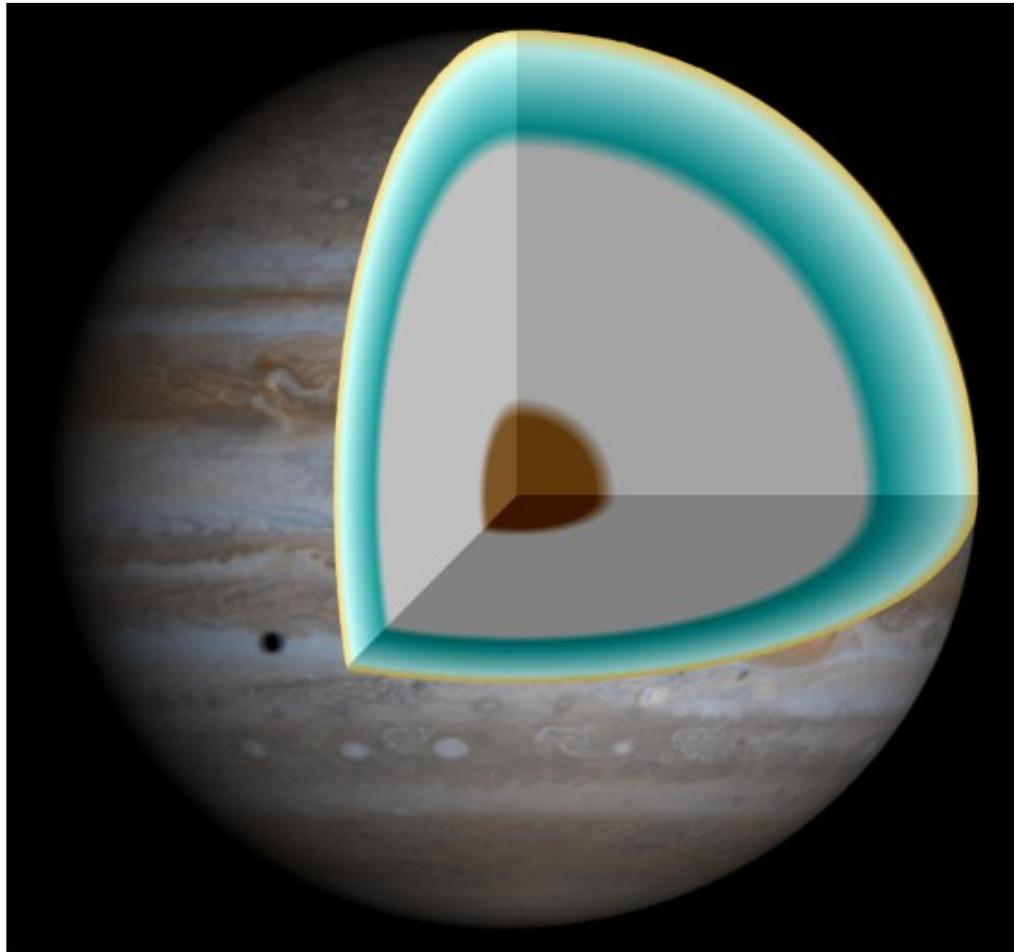
Planetas y algunos 'planetas enanos'

Planeta	Distancia hel.(UA)	Masa (M_{\oplus})	R (km)	Densidad media (g cm^{-3})	No. satélites
Mercurio	0.39	0.06	2440	5.43	0
Venus	0.72	0.82	6051	5.20	0
Tierra	1.00	1.00	6371	5.52	1
Marte	1.52	0.11	3390	3.93	2
Ceres	2.77	1.58×10^{-4}	490	2.1	0
Júpiter	5.20	318	71492	1.33	67
Saturno	9.54	95.2	60268	0.69	62
Urano	19.19	14.5	25559	1.32	27
Neptuno	30.07	17.1	24766	1.64	14
Plutón	39.52	0.0021	1137	2.05	5
Eris	67.67	0.0028	1200	2.3	1

Propiedades básicas :

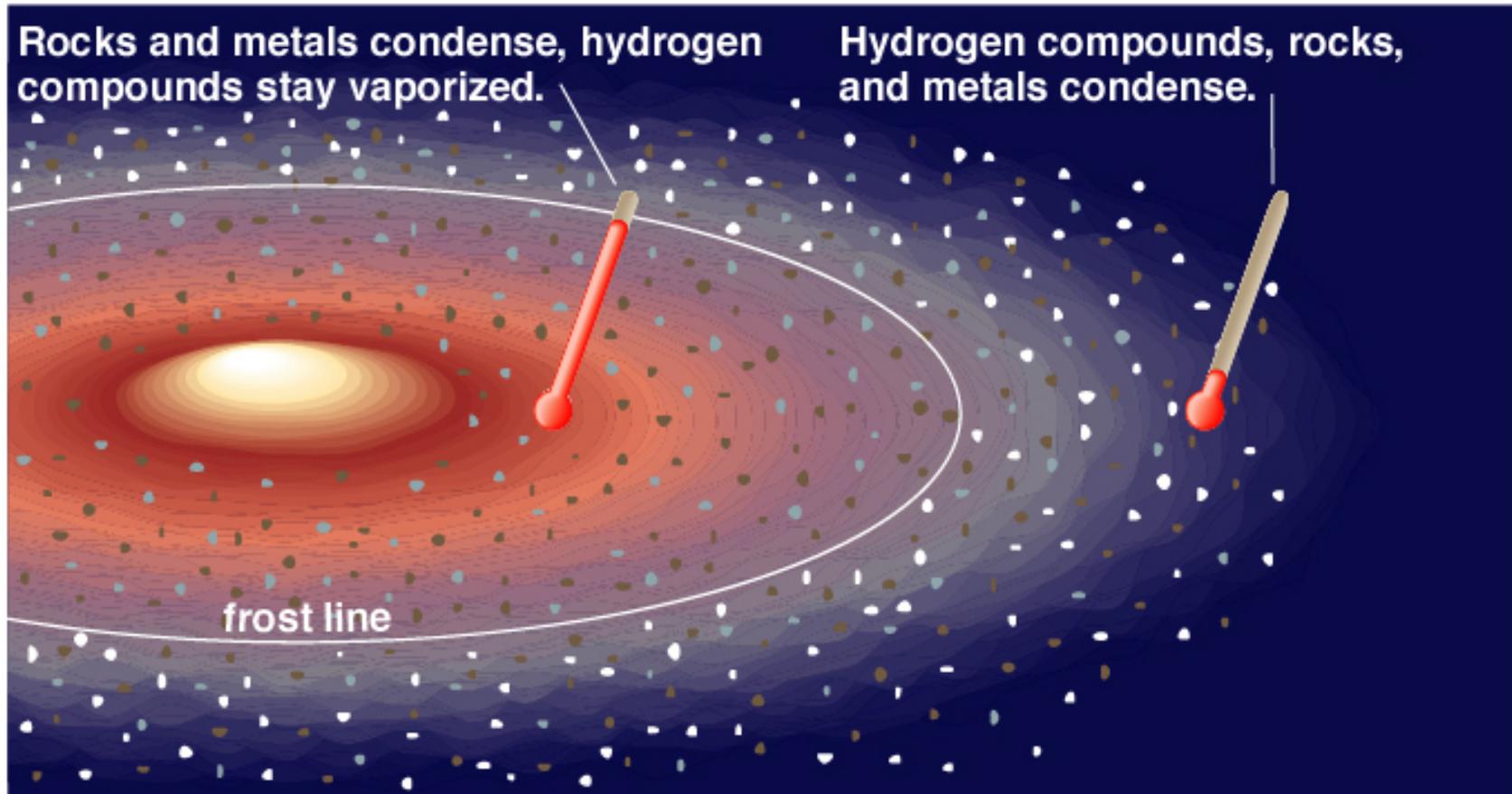
- * Cuasi coplanaridad y circularidad de las órbitas.
- * El Sol concentra 99.9% de la masa total del sistema.
- * El Sol contiene sólo un 2% del momento angular total.
- * Planetas terrestres: rocosos; planetas jovianos: hielos y gases.
- * Los planetas son al menos 100 veces más masivos que los objetos de su vecindad.

El interior de un planeta gigante



Consta de un núcleo rocoso y una extensa envoltura de hidrógeno y helio, más compuestos hidrogenados. Debido a las enormes presiones, el hidrógeno en el interior adquiere una estructura, buena conductora del calor y la electricidad, denominada *hidrógeno metálico*.

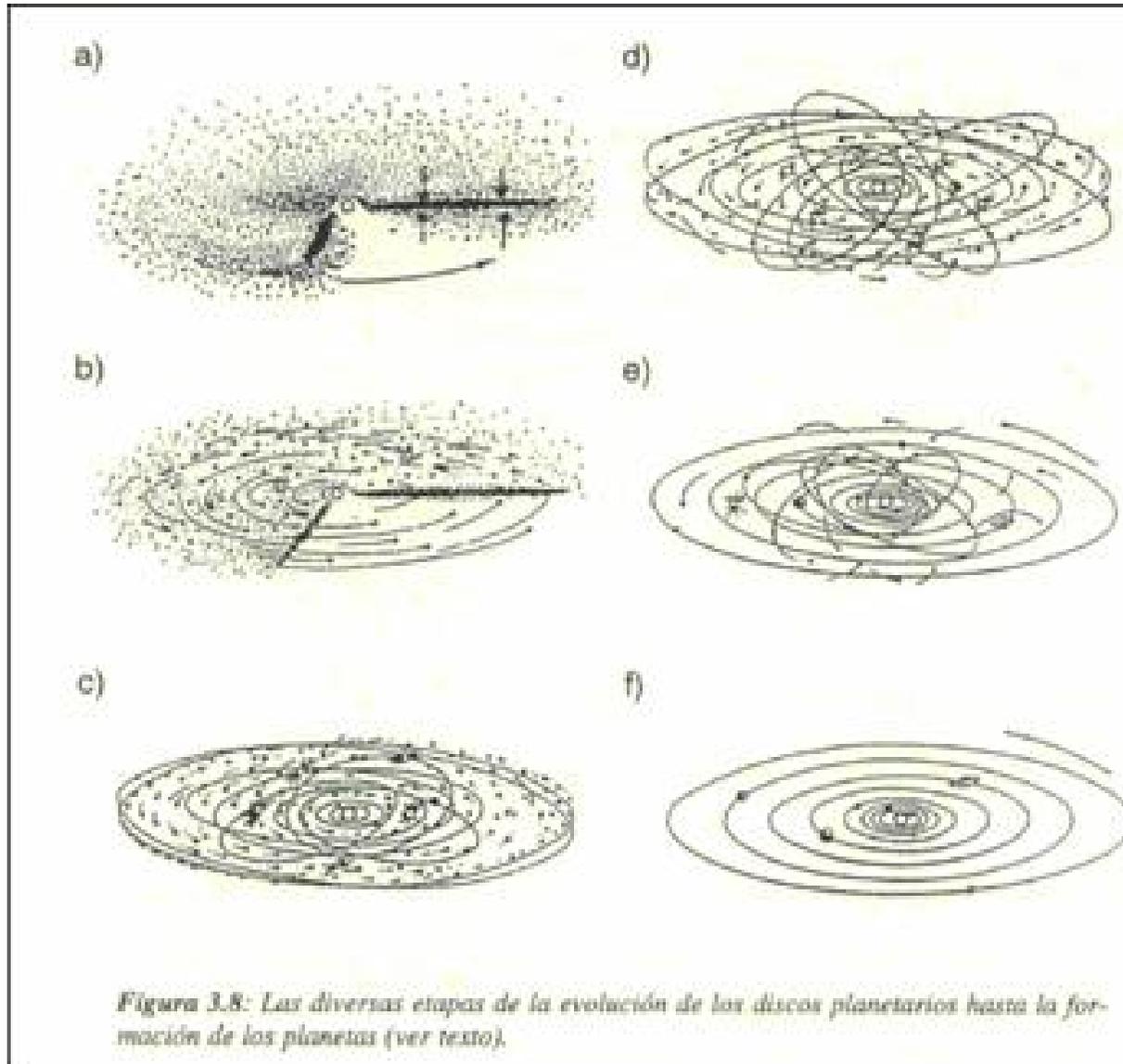
La “línea de nieve”



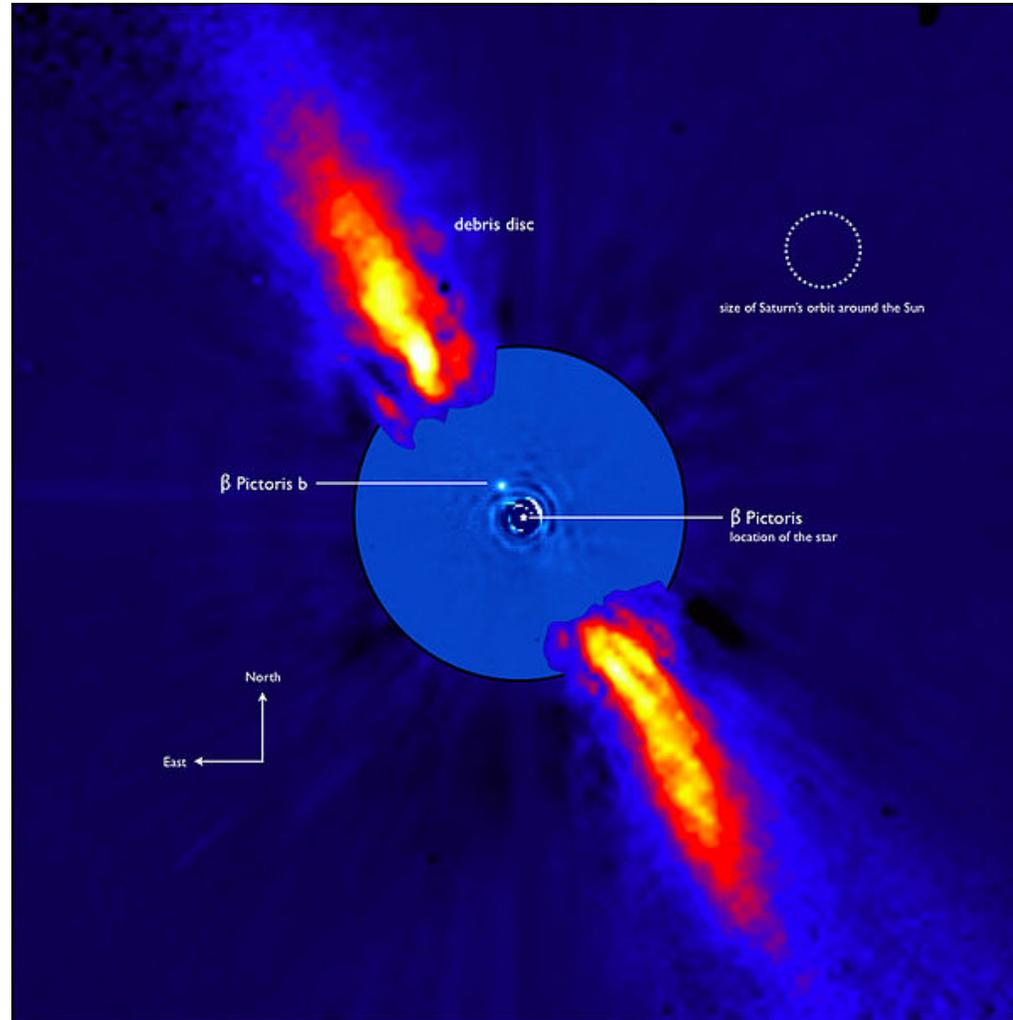
Copyright © Addison Wesley

La línea de nieve define la distancia al Sol a la cual la temperatura del disco protoplanetario cae por debajo de la temperatura crítica de condensación del vapor de agua.

Las diferentes etapas de la formación planetaria

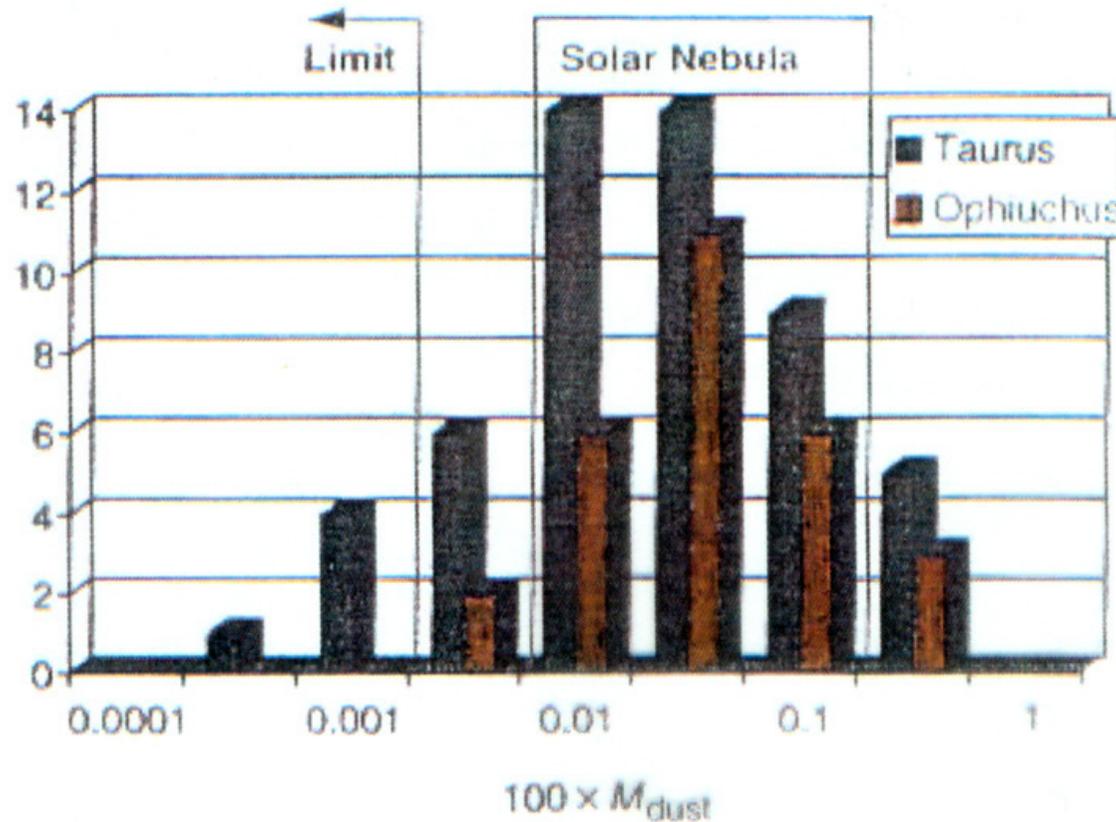


Los primeros discos protoplanetarios descubiertos



El descubrimiento -inesperado- de un disco de polvo y gas alrededor de una estrella (β Pictoris) fue desde el satélite IRAS (InfraRed Astronomical Satellite) en 1984. En 2003 se descubrió desde ESO un planeta por imagen directa.

Las masas de los discos



La abundancia de la molécula de monóxido de carbono (CO) se utiliza para determinar abundancias gaseosas, ya que tiene líneas muy intensas a 2,6 mm y 1,3 mm y la abundancia cósmica con la molécula más abundante (H_2) es más o menos constante ($\text{H}_2/\text{CO} \sim 10^5$ por masa). La abundancia de polvo en discos se puede determinar por la radiación IR que emiten los granos al ser calentados por las estrella central.

El tiempo de vida de un disco protoplanetario



Tiempo de vida : $\sim 10^7$ años. El gas es expulsado por el fuerte flujo de radiación UV proveniente de estrellas O y B cercanas, y/o por fuertes vientos estelares de las propias estrellas centrales.

Planetas extrasolares

- * Su búsqueda significaba vencer dificultades tecnológicas formidables!

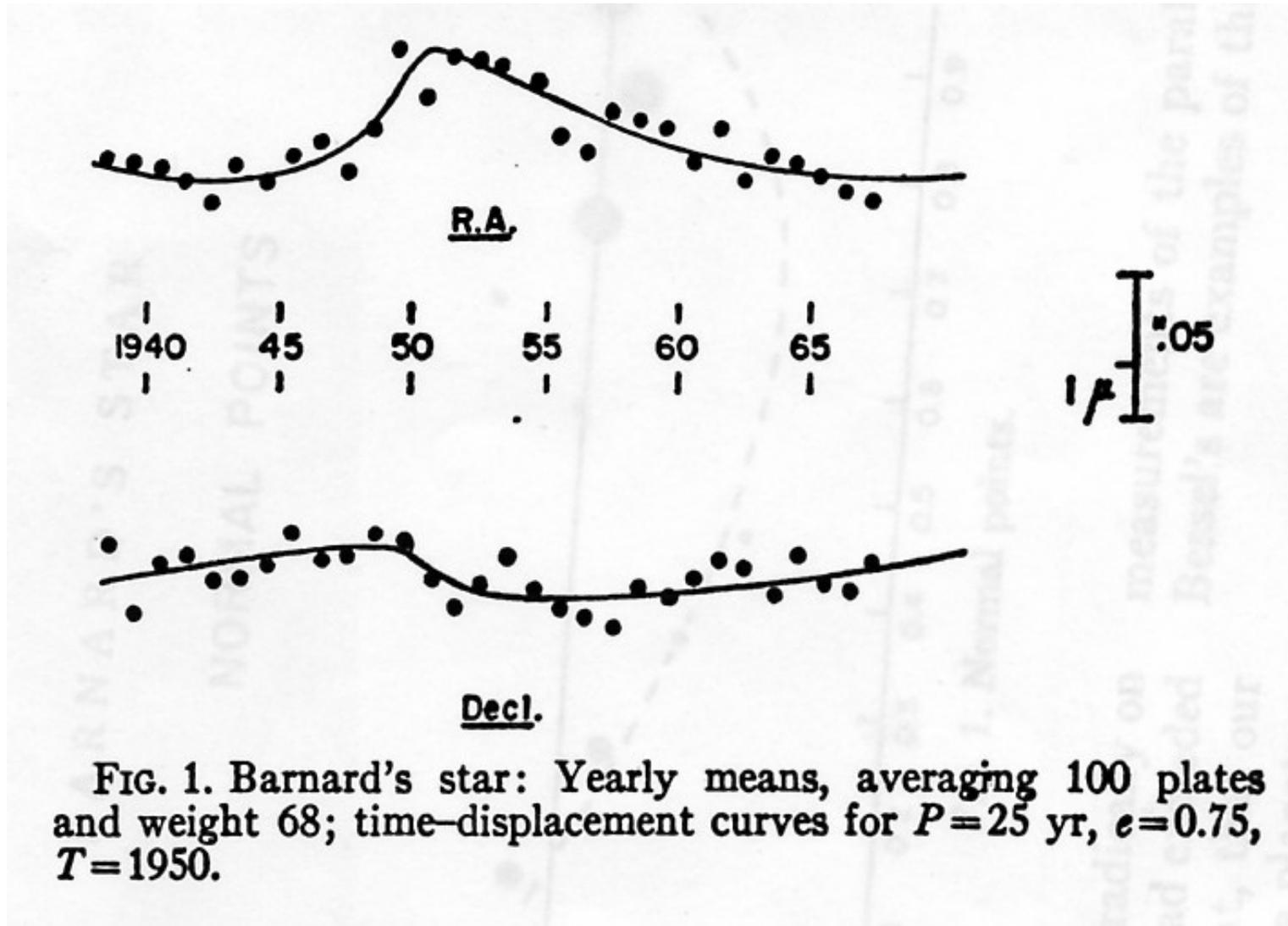
Modelo estándar Sol-Júpiter:

- * distancia = 10 pc
- * separación angular = 0.5''
- * $L_J/L_{\odot} = 10^{-9}$ (visible)
- * desplazamiento de la posición del Sol con respecto al centro de masas = 5×10^{-4} ''
- * velocidad radial = 12 m/s

Métodos de búsqueda

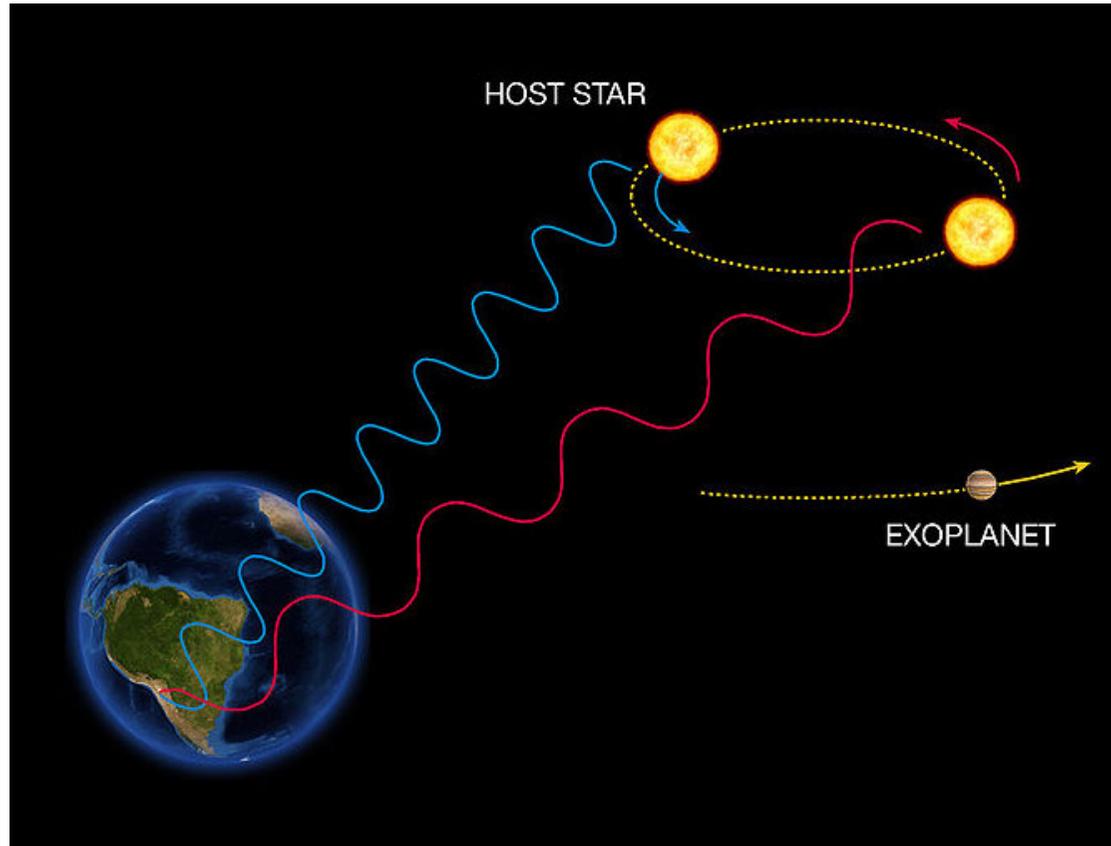
- * Directo
- * Astrométrico
- * Espectroscópico
- * Fotométrico
- * Otros (púlsares, microlenticado)

Método astrométrico



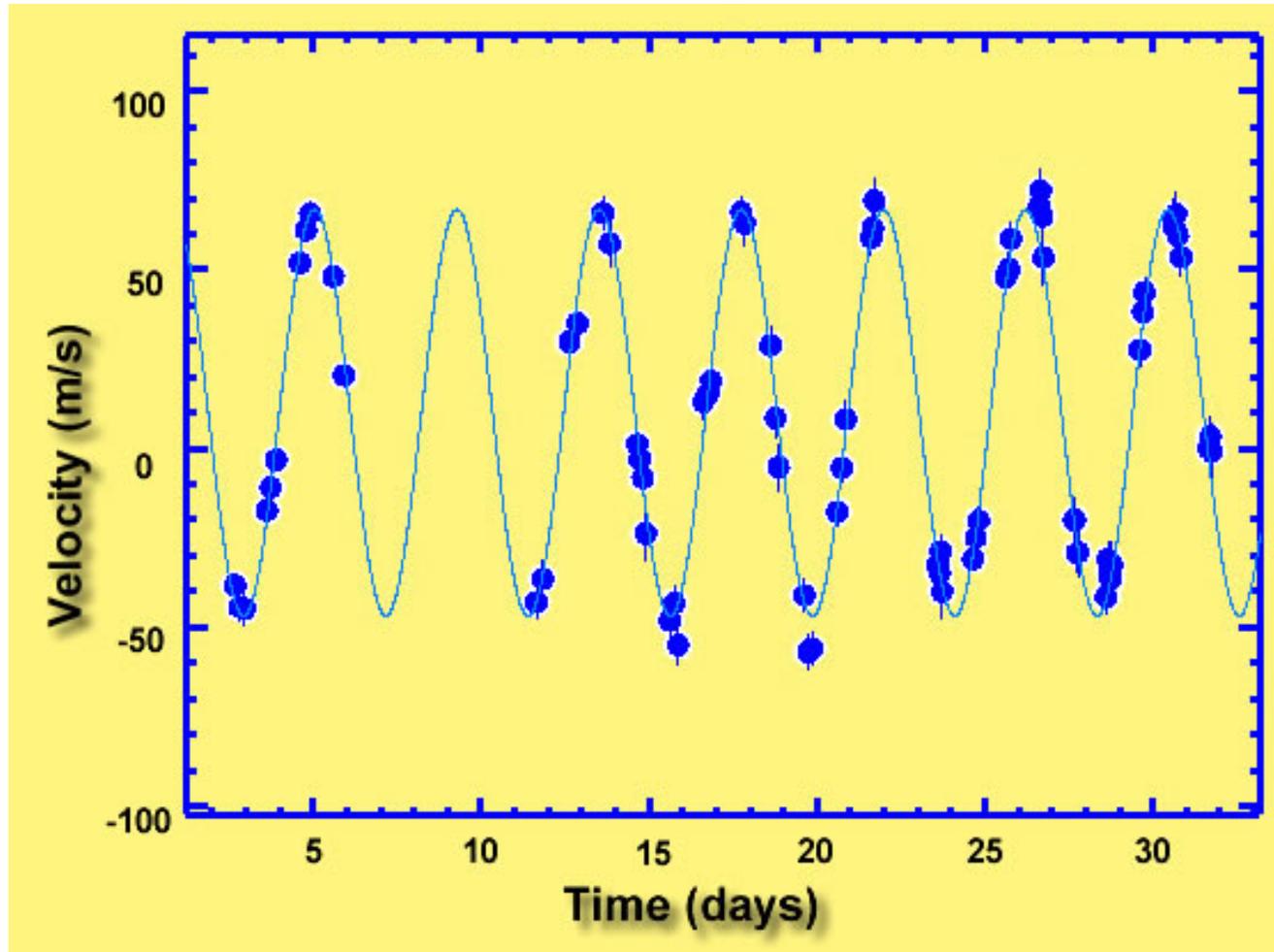
Método espectroscópico

Es el que ha permitido la detección de más planetas extrasolares hasta el momento



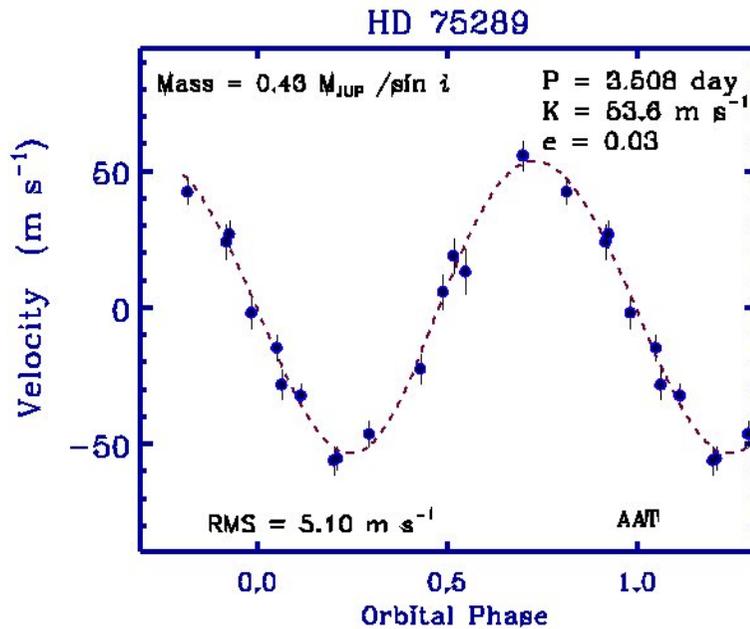
Mide el corrimiento hacia el rojo o hacia el azul de las líneas espectrales de la estrella por efecto Doppler, producido por las oscilaciones hacia adelante y hacia atrás por el “tironeo” gravitacional del planeta.

La curva de velocidades radiales

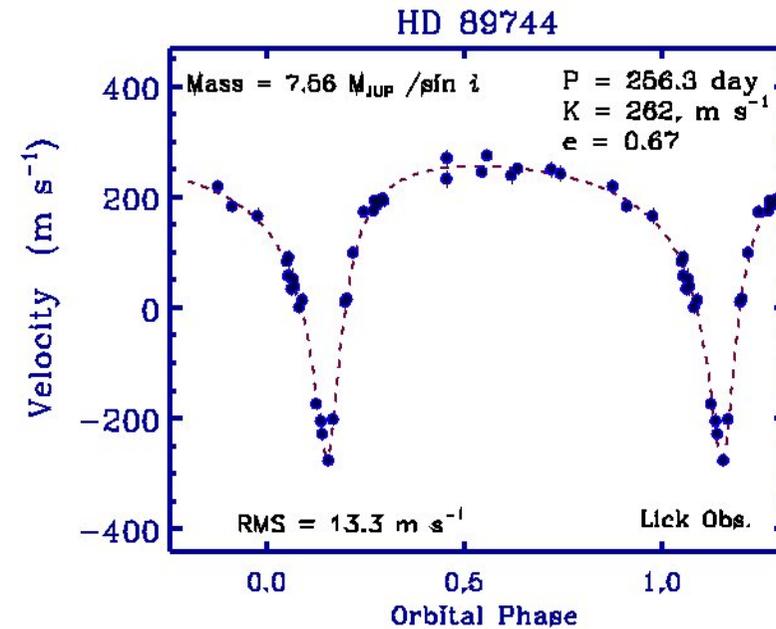


Curva de velocidades radiales que permitió la detección de un planeta alrededor de la estrella 51 Pegasi (Mayor & Queloz 1995).

Determinación de la órbita a partir de la curva de velocidades radiales



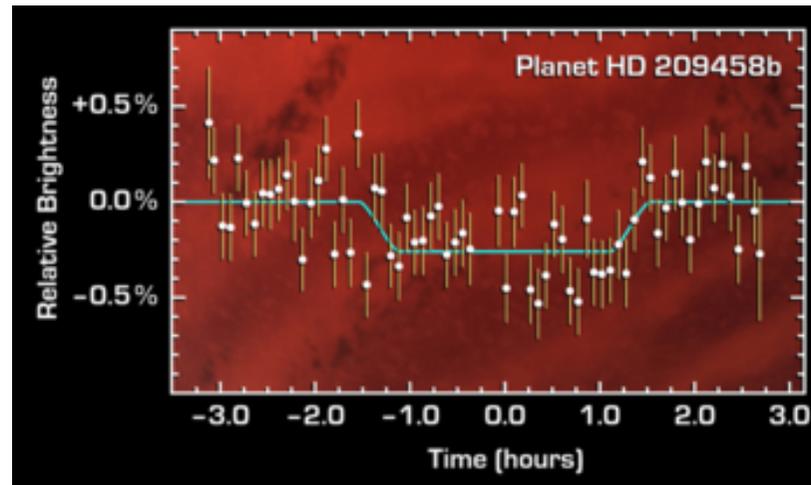
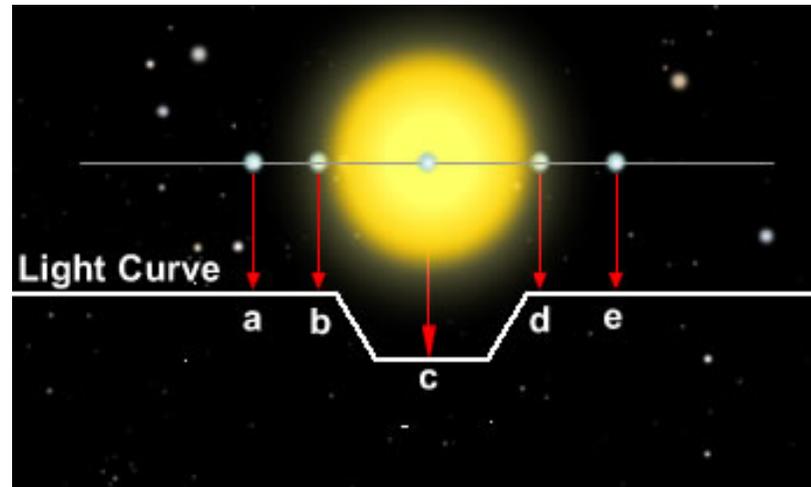
Curva de velocidad de la estrella HD 75289 que es sinusoidal, lo que indica que la órbita es casi circular.



Curva de velocidad de la estrella HD 89744 con extensos máximos y picos de caída, lo que indica que la órbita es muy excéntrica.

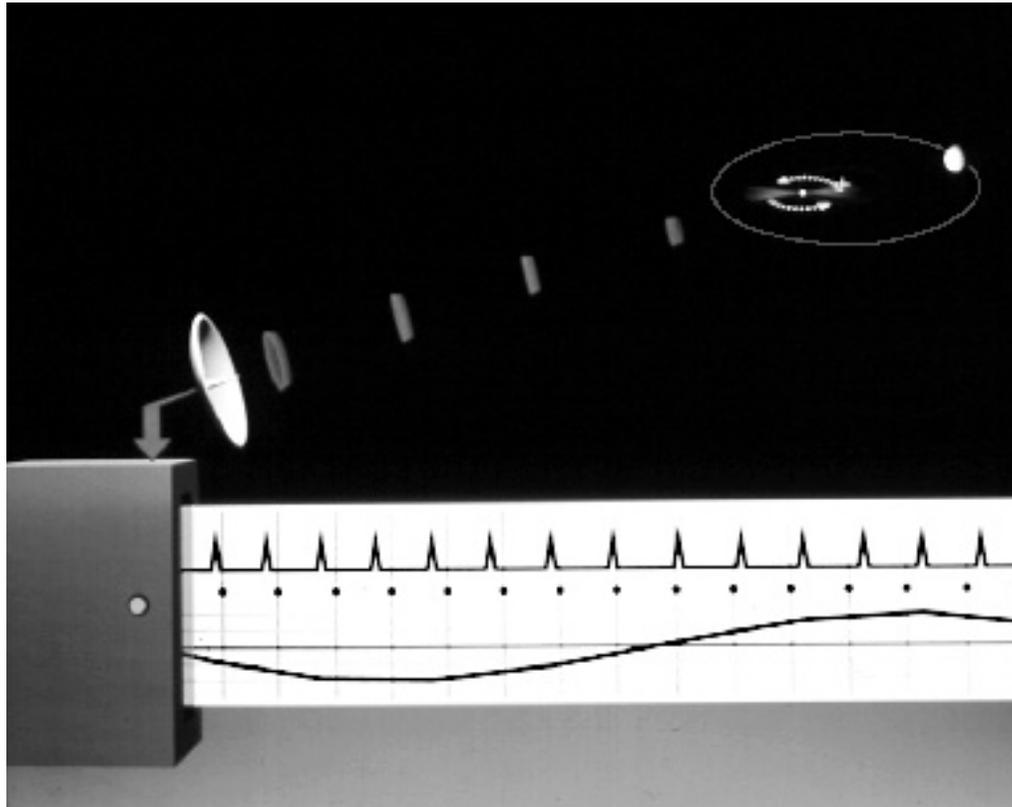
Método fotométrico

Trata de medir la caída de brillo provocada por el tránsito de un planeta por delante del disco de la estrella.

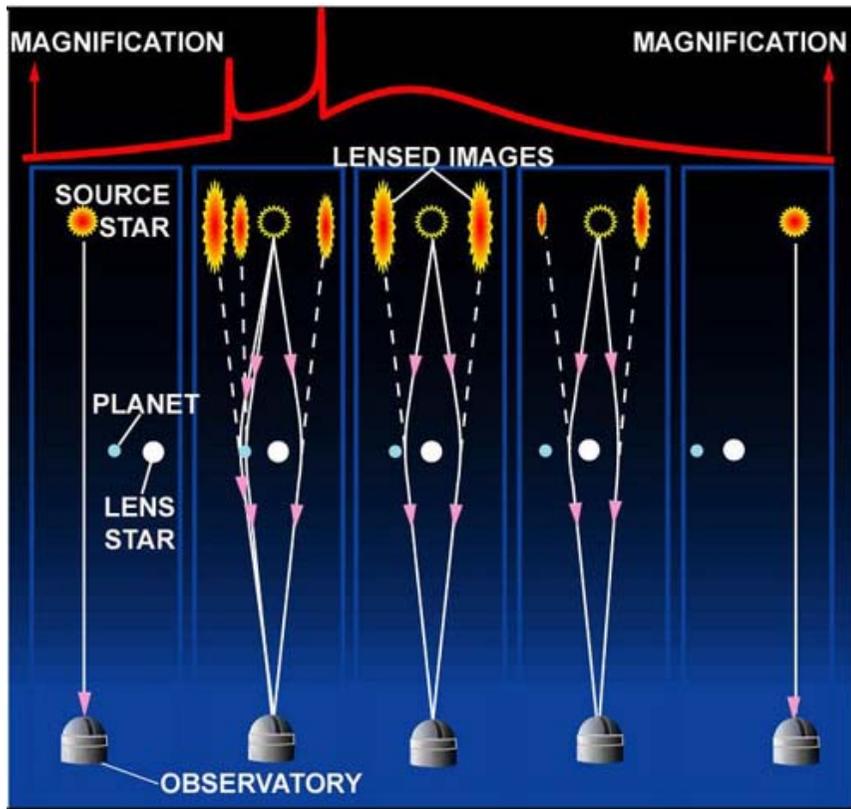


Planetas alrededor de púlsares

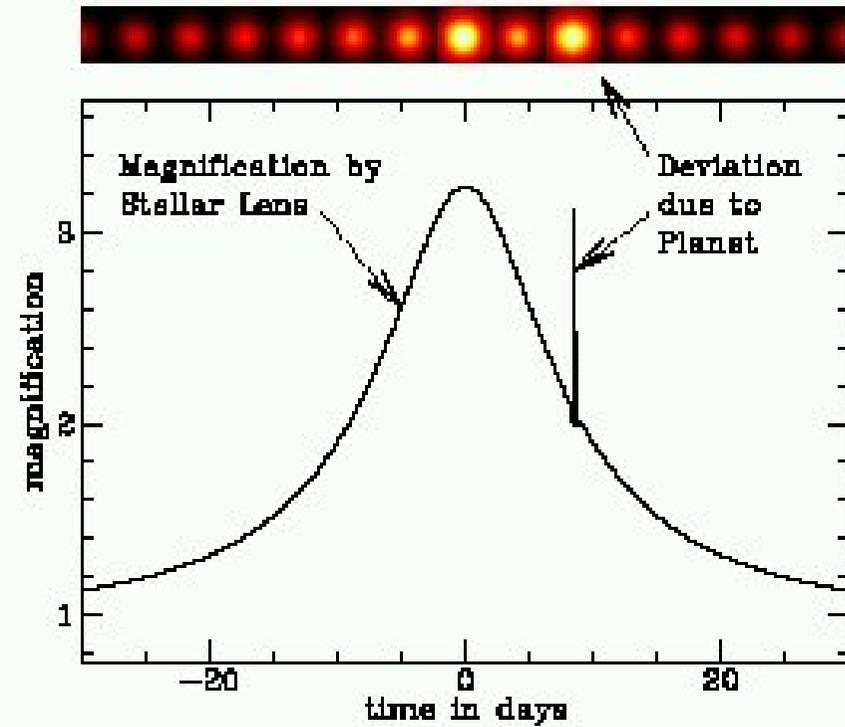
* Un púlsar emite ondas de radio que pueden ser detectadas cuando el haz apunta al observador en el transcurso de la rotación del objeto. El período de los pulsos debería ser constante, a menos que el pulsar fuera perturbado por planetas a su alrededor. Descubrimiento del primer sistema planetario en torno al púlsar PSR 1257+12 (1992).



Microdentificado



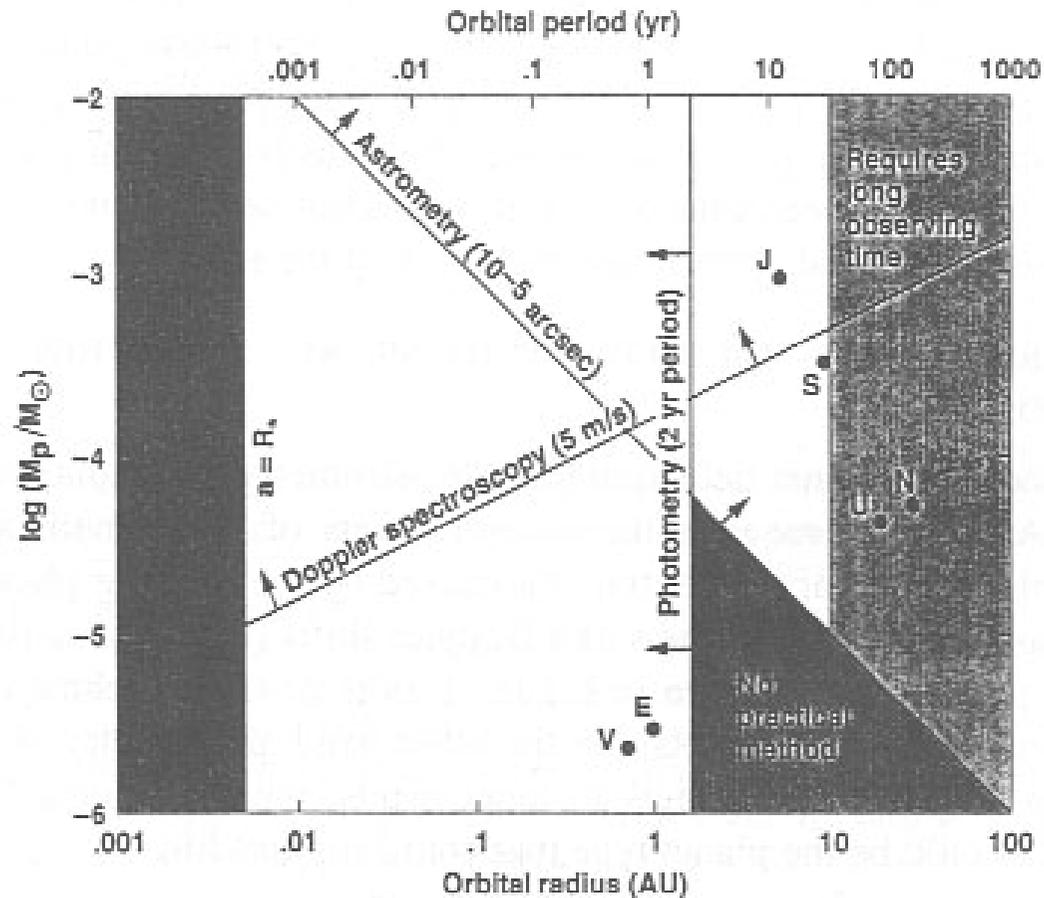
Los rayos luminosos provenientes de una fuente distante se desvian al pasar cerca de un objeto masivo.



Ejemplo de microlentificado por una estrella que tiene un planeta masivo. El planeta produce una señal adicional.

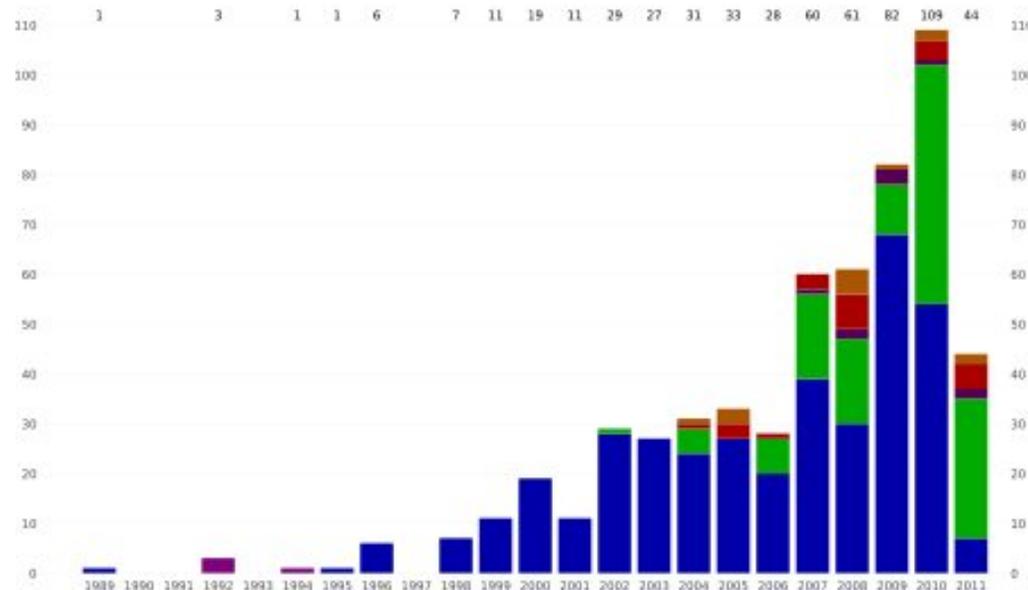
Cada método de detección favorece el descubrimiento de cierto tipo de planetas

DISCOVERY SPACE FOR ASTROMETRIC, RADIAL VELOCITY AND PHOTOMETRIC METHODS



Algunas estadísticas: Tasa de descubrimientos

* Número de exoplanetas descubiertos hasta ahora (noviembre/2013): 1039 en 787 sistemas planetarios, incluyendo 173 sistemas múltiples.



Descubiertos u observados por (setiembre/2011):

Método espectroscópico: 548 (463 sistemas planetarios)

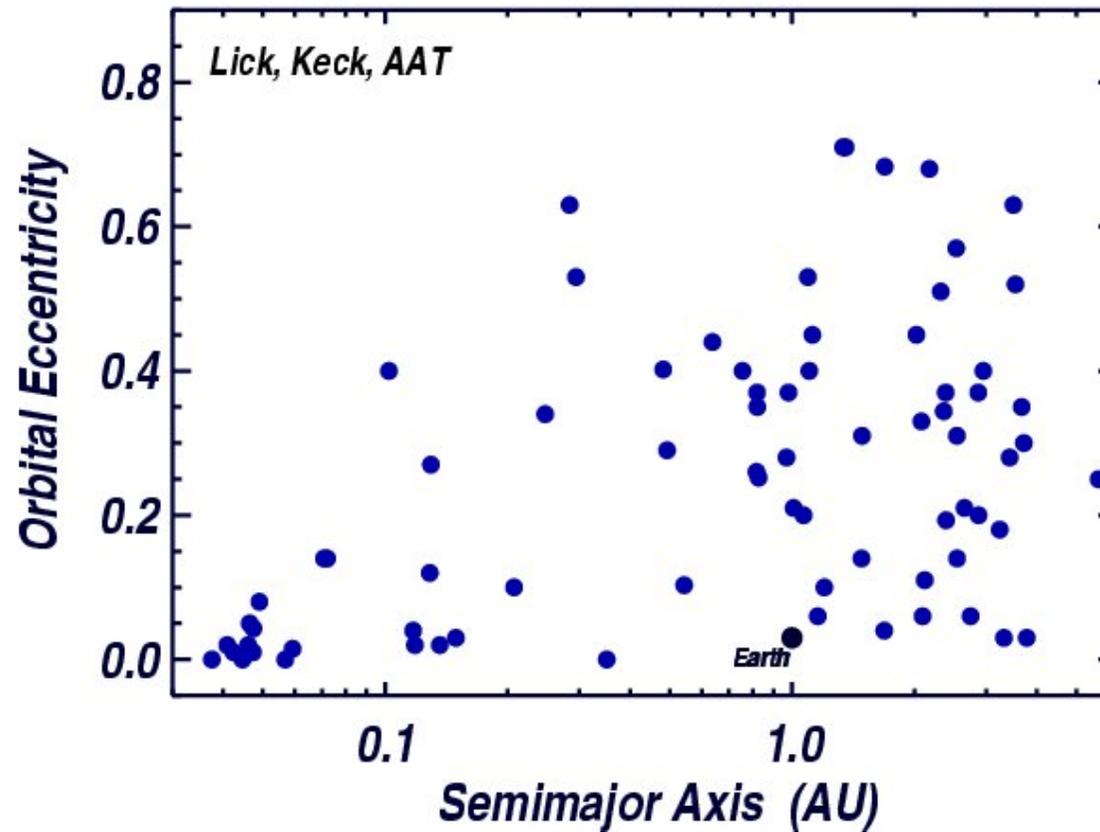
Método fotométrico: 146 (138 sistemas planetarios)

Microdentificado: 13 (12 sistemas planetarios)

Púlsares: 14 (9 sistemas planetarios)

Imagen directa: 24 (21 sistemas planetarios)

Excentricidades versus semiejes mayores de las órbitas



Los planetas con períodos $\lesssim 20$ días tienen órbitas cuasi circulares: esto es probablemente debido al efecto de mareas entre el exoplaneta y la estrella central.