

Detección de exoplanetas a través de velocidades radiales.

Hasta el lanzamiento del satélite *Kepler*, el método que contabilizaba el mayor número de detecciones de exoplanetas utilizaba la espectroscopía Doppler para medir las velocidades radiales (RV) estelares. En un sistema planetario, la estrella anfitriona experimenta un movimiento de “reflejo” alrededor del baricentro del sistema, y mediciones repetidas permiten detectar planetas a través de variaciones periódicas en la velocidad radial de la estrella.

Ejercicio: Considera un planeta de masa M_p orbitando una estrella de masa M_* a un radio orbital (semi-eje mayor) a . Calcula la magnitud de la señal en velocidad radial esperada. Por simplicidad considera la órbita como circular y la aproximación $M_p \ll M_*$.

Solución: La velocidad orbital del planeta es simplemente la velocidad Kepleriana

$$v_{\text{Kep}} = \sqrt{\frac{GM_*}{a}},$$

y la conservación de momentum lineal requiere que $M_* v_* = M_p v_{\text{Kep}}$. Si el momentum angular orbital está inclinado un ángulo i con respecto a la línea de visión, entonces la velocidad estelar radial varía sinusoidalmente con una amplitud media de

$$K = v_* \sin i = \frac{M_p \sin i}{M_*} \sqrt{\frac{GM_*}{a}}.$$

El periodo orbital P es también Kepleriano

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{a}{GM_*}},$$

ambos P y K son cantidades observables. Desde la ecuación para K ya podemos calcular la precisión necesaria para detectar esa señal. Asumiendo una estrella de masa solar, podemos dejar la relación en la forma útil en unidades de masas de Júpiter (M_{Jup}),

$$K \approx 28 \text{ m s}^{-1} \left(\frac{M_p \sin i}{1 M_{\text{Jup}}} \right) \left(\frac{a}{1 \text{ au}} \right)^{-1/2}.$$

Detectar un planeta tipo Júpiter requiere una precisión de $< 10 \text{ m/s}$, mientras que para detectar planetas tipo Tierra se necesita una precisión de $< 10 \text{ cm/s}$. Además, debemos observar durante aproximadamente un tiempo P para obtener una detección. Por lo tanto, las búsquedas mediante el método RV están sesgadas hacia planetas masivos en órbitas de corto período, con ángulos de inclinación altos respecto a la línea de visión (vistos casi de canto). En la práctica, generalmente no podemos determinar el ángulo de inclinación i , por lo que en su lugar medimos $M_p \sin i$ (un límite inferior de la masa real del planeta).

Las primeras detecciones RV eran de planetas masivos ($\geq M_{\text{Jup}}$) en órbitas de corto período (< 5 días), y generalmente se les conoce como “júpiteres calientes”. Su existencia planteó un desafío inmediato a nuestro entendimiento de la formación de planetas y despertó un gran interés en la teoría de la migración planetaria.