

Mecánica Celeste - Segundo Trabajo Especial

Tema 1: La evolución dinámica del exoplaneta HD 80606

Curso 2023

2 de junio - Entrega: 30 de junio

Cuando un sistema exoplanetario tiene una compañera estelar los efectos perturbadores de la otra estrella pueden afectar la evolución dinámica de los exoplanetas. Aunque la otra estrella este alejada, la perturbación secular afecta la evolución a largo plazo del exoplaneta, siendo principalmente la excentricidad la más afectada. Comprender los cambios en excentricidad es de gran importancia ya que se relaciona con la distancia pericéntrica del planeta a su estrella, y esto puede llevar a que se activen otras perturbaciones no-conservativas como efectos de marea por ejemplo.

Un sistema estelar binario con un planeta que orbita una de las 2 estrellas se puede considerar como un "Problema Restringido de 3 Cuerpos", ya que la masa del planeta puede considerarse despreciable al compararla con las masas estelares. Estudios teóricos basados en una expansión en series de la función perturbadora indican que si el ángulo entre el plano orbital del planeta y la estrella compañera es superior a 40° , el planeta puede entrar en una resonancia secular conocida como resonancia Lidov-Kozai (LK). Los efectos de la resonancia secular LK son producir un acoplamiento entre la excentricidad e inclinación por la conservación de la componente z del momento angular ($c_3 = \sqrt{GMa}(1 - e^2) \cos(i)$, ec. (II-62) de la teoría) y esto hace que la distancia pericéntrica del planeta disminuya significativamente comparada con el caso no-resonante. Estos análisis teóricos son de gran utilidad para el estudio de exoplanetas, donde muchas veces se desconoce si el exoplaneta se mueve en un plano orbital diferente al de la estrella compañera.

Lo que se pide para este trabajo especial es estudiar el movimiento del exoplaneta HD 30856b durante un período de 5×10^5 años considerando 2 inclinaciones diferentes para su órbita con el objeto de comprender sus movimientos y estudiar su distancia mínima a la estrella. Para ello se sugiere que se use el integrador IBS modificando el archivo de entrada y el fuente para:

1. considerar la estrella principal con $1.35 M_\odot$ y la estrella compañera con $0.54 M_\odot$, el planeta tiene una masa de $1.8 M_{jup}$ por lo que puede aproximarse por una partícula de masa infinitesimal.
2. integrar 5×10^5 años hacia adelante en el tiempo.
3. utilizar un paso pequeño (100 días), y una tolerancia del integrador de 10^{-12} como máximo.
4. obtener una salida de los resultados cada 100 años.
5. guardar al menos el tiempo, los elementos orbitales del exoplaneta, la componente z del momento angular: $c_3 = \sqrt{GMa_b}(1 - e_b^2) \cos(i_b)$ y la distancia de pericentro del exoplaneta ($q_b = a_b(1 - e_b)$).

Los elementos orbitales de la compañera estelar y del exoplaneta son:

- $a_B = 93 \text{ UA}$, $e_B = 0.5$, $\omega_B = 0^\circ$, $M_B = 0^\circ$
- $a_b = 2 \text{ UA}$, $e_b = 0.024$, $\Omega_b = 0^\circ$, $\omega_b = 90^\circ$, $M_b = 315.90265^\circ$

Considere que el plano de referencia es el plano orbital de la estrella compañera, tal que $i_B = 0^\circ$ ($\Omega_B = 0^\circ$). Como la inclinación del exoplaneta no se conoce con precisión, analice 2 posibilidades: a) $i_b = 10^\circ$, y b) $i_b = 60^\circ$.

Luego de analizar los datos obtenidos deberá generar un informe donde explique los objetivos, las modificaciones realizadas a los programas, las condiciones iniciales elegidas, los resultados y sus conclusiones.

Como referencia puede consultar el paper de Ito & Ohtsuka, Monogr. Environ. Earth Planets, Vol. 7, No. 1, 1-113 (2019).