

## Mecánica Celeste - Segundo Trabajo Especial

### Tema 3: La dinámica del cinturón exterior de asteroides

Curso 2023

2 de junio - Entrega: 30 de junio

Si se grafica el número de asteroides en función del semieje de su órbita se observa que la cantidad de objetos cae abruptamente para semiejes mayores que 3.2 U A. Para esta región del Sistema Solar las únicas zonas estables son las resonancias 3:2, 4:3 y 1:1 de movimiento medio con Júpiter. Este efecto se debe a la superposición de resonancias de movimiento medio de primer orden que introducen caos en gran escala para cualquier objeto que se encuentre orbitando en esta región.

La explicación anterior es razonable para órbitas con  $a > 4.2$  UA pero para  $3.2 < a < 4.2$  UA la explicación no es tan sencilla. Una posibilidad es que los efectos gravitatorios de los planetas que han actuado algunos miles de millones de años removieran la mayor parte del material. Otra posibilidad es que existan ciertas islas de estabilidad que protejan a los objetos que quedan en su interior durante un tiempo lo suficientemente largo como para que sean observados hoy en día.

Independientemente de cual sea el proceso, los objetos que se mueven en resonancias de orden alto en el cinturón exterior de asteroides sufren efectos gravitatorios de diferente índole que hacen sus orbitas muy inestables. Por ejemplo, un objeto en la resonancias 7:4 o 5:3 con Júpiter es removido en algunos  $10^5$  o  $10^6$  años, respectivamente. Independientemente de su tiempo de permanencia en la resonancia es posible estudiar los efectos dinámicos en lapsos más cortos y poder comprender como es su evolución y cómo se producirá finalmente la remoción del objeto. Particularmente, el asteroide (5164) Mullo actualmente se encuentra en la resonancia 5:3 con Júpiter y es un buen candidato para realizar este tipo de estudio.

Lo que se pide para este trabajo especial es estudiar el movimiento del asteroide (5164) Mullo durante un período de 4000 años con el objeto de comprender sus movimientos y estudiar su dinámica. Para ello se sugiere que se use el integrador IBS modificando el archivo de entrada y el fuente para:

1. considerar como perturbadores todos los planetas de Mercurio a Neptuno.
2. integrar 4000 años hacia adelante en el tiempo.
3. utilizar un paso pequeño ( 1 día), y una tolerancia del integrador de  $10^{-12}$  como máximo.
4. obtener una salida de los resultados cada 100 días.
5. guardar al menos el tiempo, los elementos orbitales del objeto, las longitudes medias y del perihelio del asteroide y de Júpiter, y la distancia a Júpiter.

Los elementos orbitales de (5164) Mullo para el equinoccio J(2000.0) son:

- $a = 3.6618151$  UA,  $e = 0.5057083$ ,  $i = 19.72732^\circ$ ,  $\Omega = 55.22871^\circ$ ,  $\omega = 66.41530^\circ$ ,  $M_b = 86.53829^\circ$ ,  $n=0.14065639^\circ/\text{día}$ .
- Epoca= 27 Oct 2007, 0 UT (DJ 2454400.5)

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 Holman & Murray, Astron. J. 112, 1278-1293, 1996.