

## Mecánica Celeste - Segundo Trabajo Especial

### Tema 2: La órbita de (121514) 1999 UJ<sub>7</sub>, un troyano de Marte

Curso 2023

2 de junio - Entrega: 30 de junio

La teoría para el problema restringido de los tres cuerpos indica que existen cinco puntos de estabilidad para un cuerpo de masa infinitesimal orbitando junto con otros dos de masa finita. Dos de estos cinco puntos son estables, L4 y L5, y se encuentran co-orbitando 60 grados por delante y por detrás de uno de los objetos masivos. El punto destacable es que el problema restringido está definido para órbitas circulares y coplanares en el caso de los objetos masivos mientras el tercero se mueve en el campo gravitatorio conjunto, siendo ésta una configuración puramente teórica.

El caso real más parecido es el que forman el Sol, Júpiter y un asteroide en L4 o L5 debido a que Júpiter tiene una órbita de baja excentricidad por lo cual las diferencias con el caso teórico son mínimas. Hasta 1990 Júpiter era el único planeta con objetos troyanos co-orbitando pero en ese año se descubre (5261) Eureka, el primer troyano de Marte. Hoy en día se conocen troyanos de Júpiter, de Marte y de Neptuno. La situación para un troyano de Marte es algo más compleja que en el caso de Júpiter debido a que su órbita tiene cierta excentricidad (0.09) y su masa es considerablemente menor. En este caso el troyano se ve afectado por el efecto gravitatorio de otros planetas y para estabilizarse debe incrementar su inclinación o su excentricidad. Este es el caso de (121514) 1999 UJ<sub>7</sub> que orbita próximo al punto L4 de la órbita de Marte con una inclinación considerable.

Lo que se pide para este trabajo especial es estudiar el movimiento del asteroide (121514) 1999 UJ<sub>7</sub> durante un período de 3000 años con el objeto de comprender su movimiento y detectar las diferencias que muestra respecto de la solución teórica propuesta por el problema restringido de los tres cuerpos. 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 Saturno.
2. integrar 3000 años hacia adelante en el tiempo.
3. utilizar un paso pequeño ( 0.5 días), y una tolerancia del integrador de  $10^{-12}$  como máximo.
4. obtener una salida de los resultados cada 100 días.
5. guardar al menos en el archivo de salida el tiempo, los elementos orbitales del asteroide, las longitudes media y del perihelio del asteroide, y de Marte, y las posiciones relativas del asteroide respecto de Marte.

Los elementos orbitales de (121514) 1999 UJ<sub>7</sub> para el equinoccio J(2000.0) son:

- $a = 1.5244537$  UA,  $e = 0.0392996$ ,  $i = 16.74920^\circ$ ,  $\Omega = 347.41494^\circ$ ,  $\omega = 48.35431^\circ$ ,  $M_b = 99.00569^\circ$ ,  $n=0.52363987^\circ/\text{día}$ .
- 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 Connors et al., Planet. Space Sci. 53, 617-624, 2005.