

¿Qué es la Mecánica Celeste?

(o Dinámica Orbital)

Tabaré Gallardo

<http://www.fisica.edu.uy/~gallardo/>

Departamento de Astronomía
Instituto de Física, Facultad de Ciencias (UdelaR)



La Mecánica Celeste es apasionante...



serie SALVATION, primera vez en la historia que el protagonista es un mecánico celeste.

Qué estudiamos?

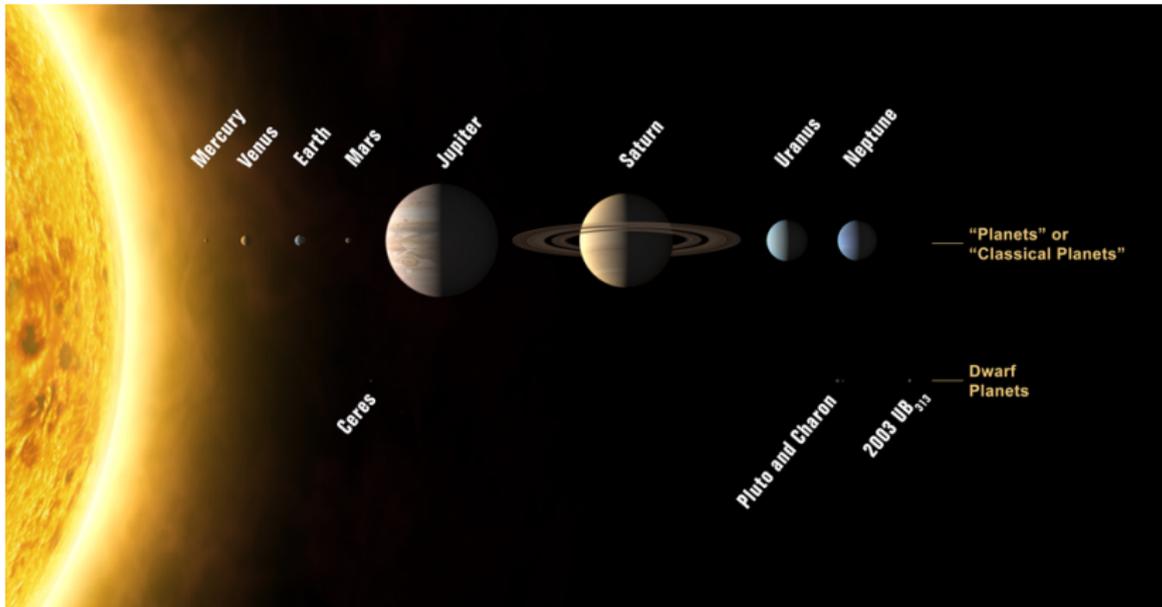
- El movimiento de los cuerpos celestes sometidos a las fuerzas actuantes en el universo.
- En escalas de tiempo desde horas (encuentro de un asteroide con un planeta) a miles de millones de años (lo que llamamos evolución orbital).

Fuerzas en el Sistema Solar

- gravedad: Newtoniana y relativista debidas al Sol, planetas, satélites, asteroides...
- radiación solar:
 - presión de radiación (μm)
 - frenado Poynting-Robertson (cm)
 - efecto Yarkovsky ($m - km$)
 - sublimación de gases (km)
- interacción con el medio: viento solar y frenado gaseoso
- campos magnéticos: fuerzas de Lorentz
- colisiones

Modelo para el Sistema Solar

Fuerza neta \simeq Sol (o planeta) como masa puntual + perturbaciones



(www.iau.org)

Sistema Solar constituido por:

- Sol (masa = 1)
- Planetas (masa $< 0,001$)
- planeta-enanos y cuerpos menores (masa ~ 0)

Todas las órbitas heliocéntricas son **perturbadas** por los planetas.

¿Cómo evolucionan en el tiempo?

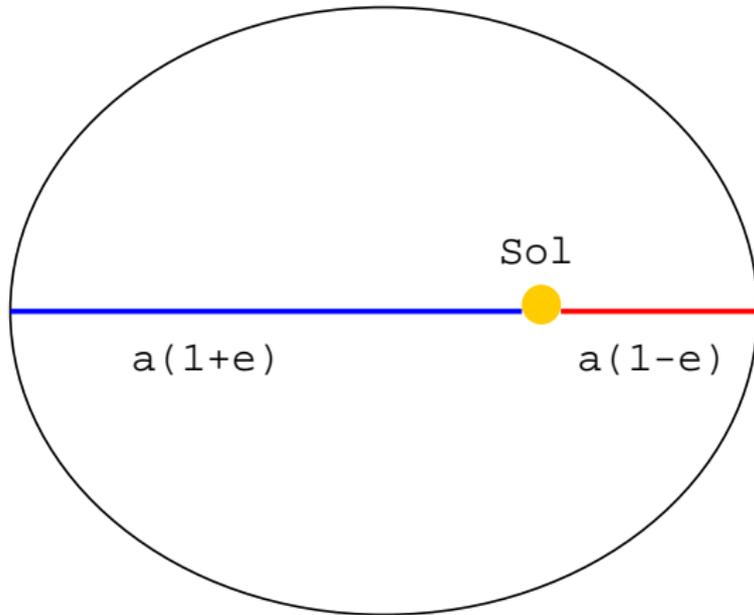
Evolución del Sistema Solar interior:

<http://youtu.be/HKxMTelzcZo>

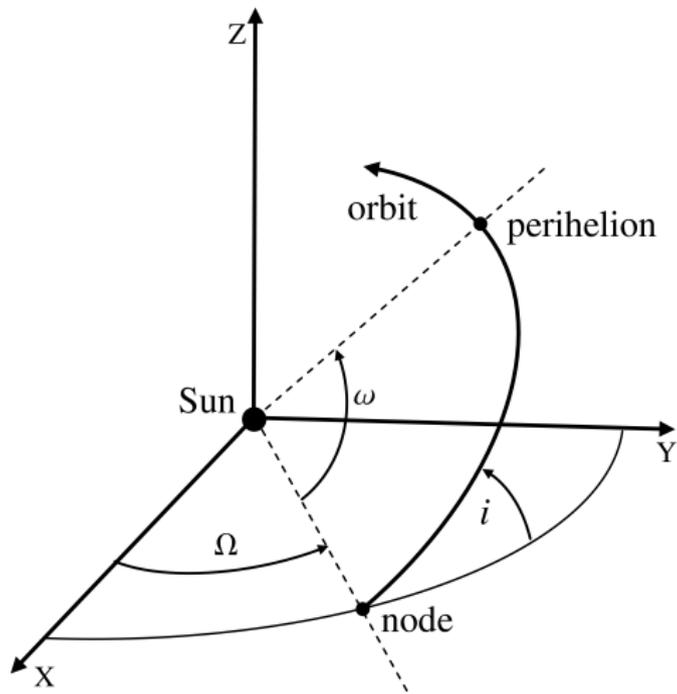
Elementos orbitales: forma

afelio: $Q = a(1 + e)$

perihelio: $q = a(1 - e)$



Elementos orbitales: orientación

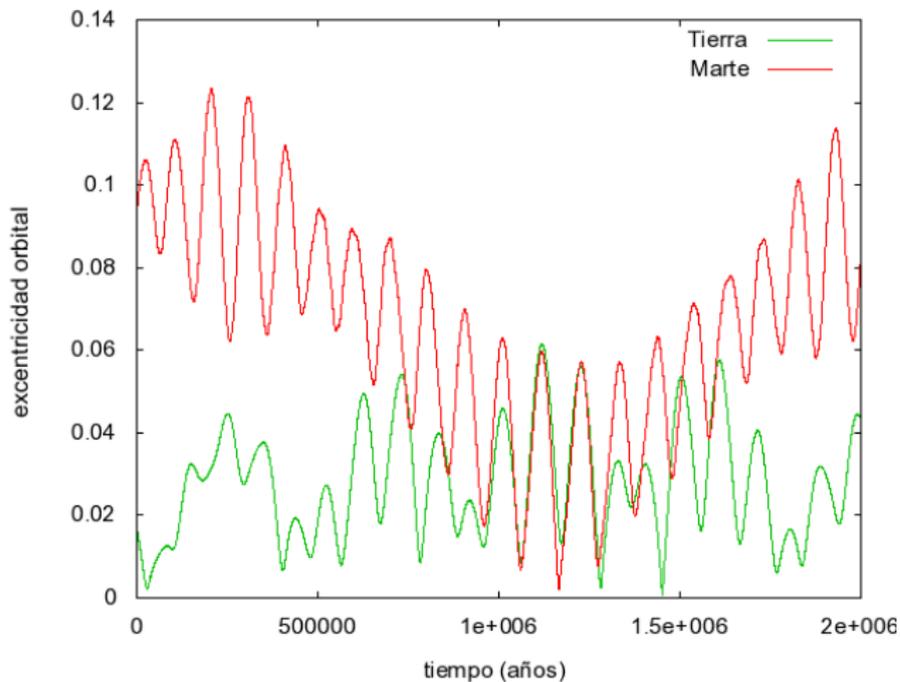


Por métodos analíticos y numéricos buscamos

- $a(t), e(t), i(t), \omega(t), \Omega(t)$
- predicción de encuentros próximos
- colisiones con planetas y Sol
- eyecciones del sistema (vida dinámica)
- diagnóstico de caos
- hasta miles de millones de años hacia el futuro y el pasado

Excentricidad de Tierra y Marte hacia el futuro

Ejemplo



Un **integrador numérico** incluye:

- **MODELO** físico: Ley de Gravitación Universal + perturbaciones
- plasmado en un sistema de **ECUACIONES** diferenciales para cada cuerpo
- resueltas mediante un **ALGORITMO** optimizado
- ejemplo: <http://www.astronomia.edu.uy/orbe/>

Lenguajes más eficientes para cálculo numérico: Fortran y C

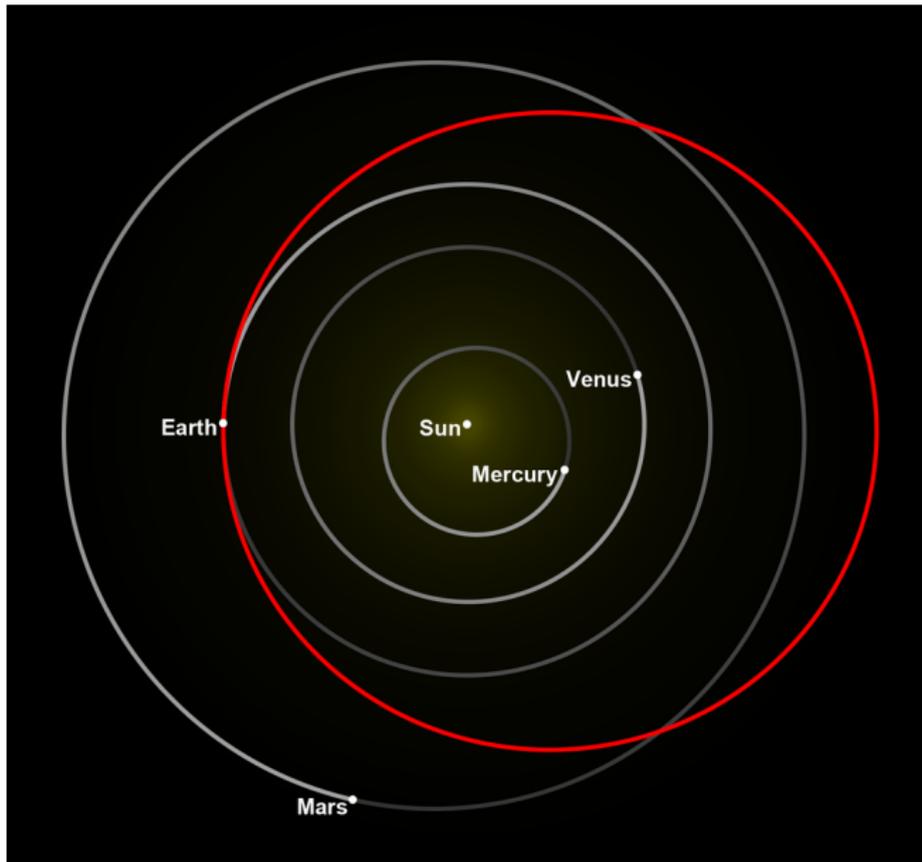


película Hidden Figures. Única vez que Fortran aparece en un film.

El auto Tesla Roadster, un ejemplo extremo

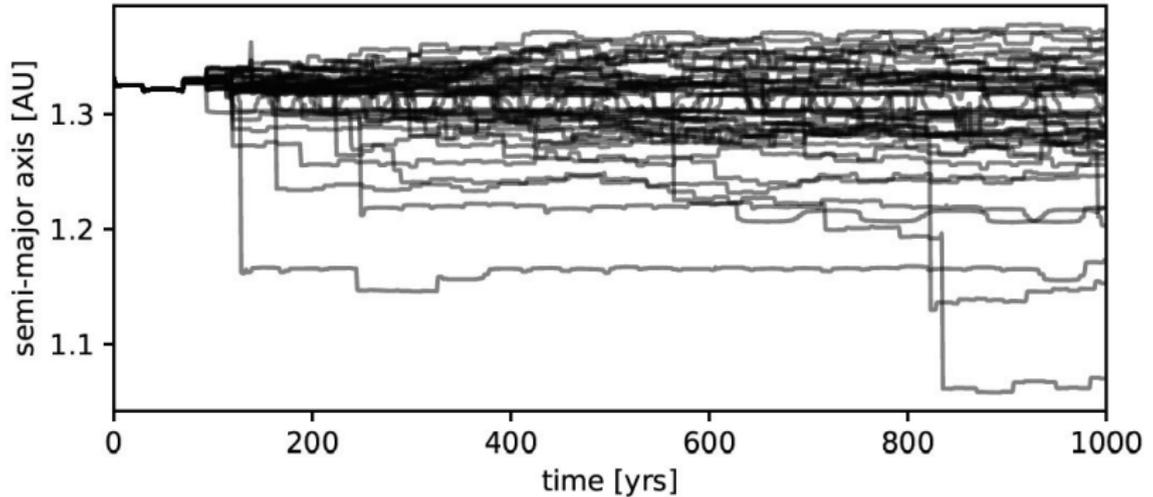


Órbita: un auto condenado a chocar



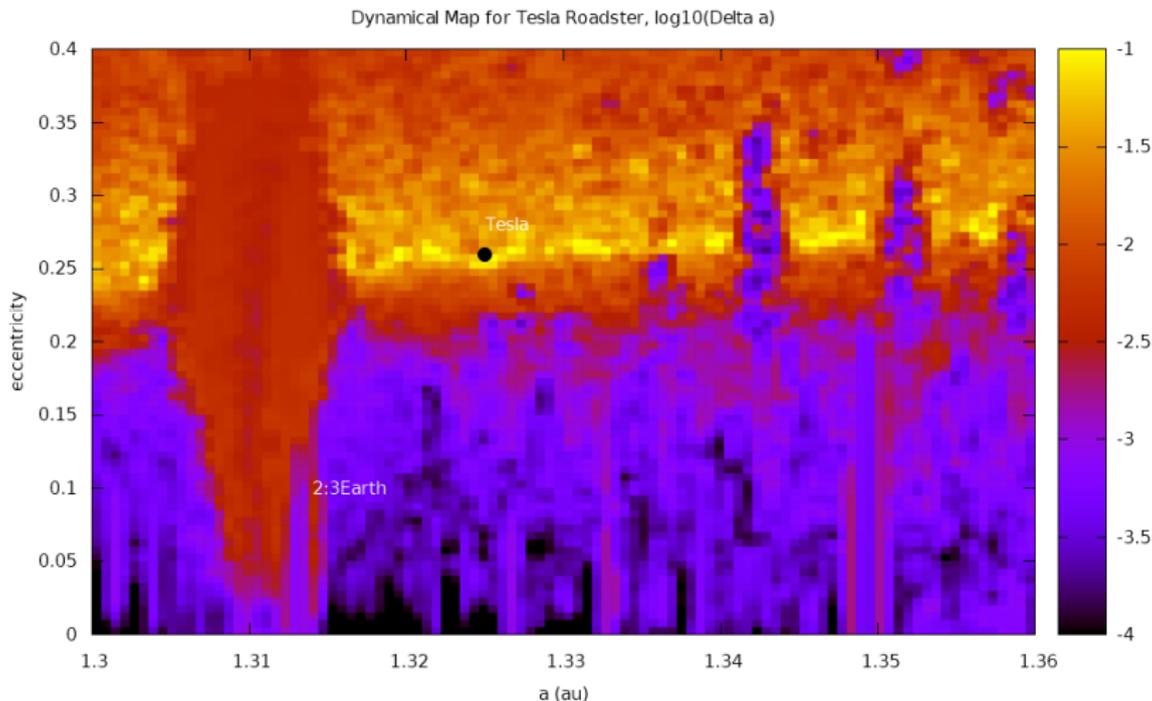
Memoria dinámica del Tesla Roadster

evolución de 48 clones



Rein et al. 2018

Mapa dinámico para el auto de Elon



En amarillo las zonas más caóticas. El Tesla está representado por el punto negro. La mancha roja vertical a la izquierda es la zona dominada por la resonancia 2:3 con la Tierra.

- N cuerpos masivos: cúmulo de estrellas
- pocos cuerpos masivos: sistemas planetarios
- evolución de poblaciones de cuerpos menores
- movimiento orbital en torno a cuerpo no esférico
- distribución extensa de materia: marea galáctica