

La Población de Asteroides Resonantes 1:2 con Marte

Tabaré Gallardo

`www.fisica.edu.uy/~gallardo`

17 de Agosto de 2007

Abstract

Encontramos una población de aproximadamente 1000 asteroides en la resonancia 1:2 con Marte. Junto a los Troyanos e Hildas de Jupiter constituyen la tercera población resonante mas numerosa de asteroides.

Resonancias

Resonancias en el Sistema Solar

- Ocurren cuando existe una **conmensurabilidad** entre algunas **frecuencias fundamentales** del sistema.
- **Frecuencias fundamentales:** periodos orbitales, rotacionales, precesion del plano orbital o linea de los apsides.

Ejemplos:

- orbita-orbita (resonancias de movimientos medios)
 - asteroides con Jupiter (3:2, 2:1, 1:1)
 - transneptunianos con Neptuno
 - Pluton-Neptuno (2:3)
- spin-orbita
 - Tierra-Luna (1:1)
 - Sol-Mercurio (1:2)
- resonancias seculares: periodos de circulacion de (ϖ, Ω)

Resonancias de Movimientos Medios

Conmensurabilidad entre periodos orbitales:

$$\frac{P_{aster}}{P_{planeta}} = \frac{n}{m} \quad m, n \text{ enteros}$$

Por Kepler los periodos (P) estan correlacionados con los semiejes (a) de las orbitas:

$$P \propto a^{3/2}$$

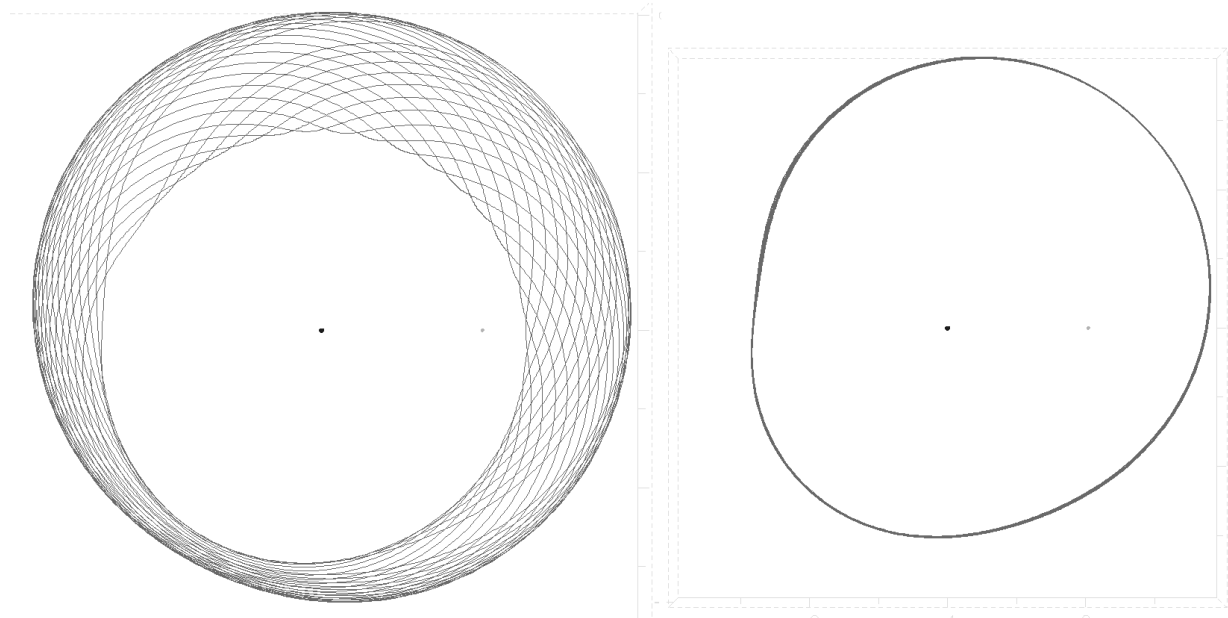
entonces las orbitas resonantes son aquellas de semiejes definidos por:

$$a \simeq a_p \left(\frac{n}{m} \right)^{2/3}$$

Dado un planeta con cierto semieje a_p las resonancias quedan perfectamente definidas.

¿Que tienen de especial las Resonancias?

- Al repetirse sucesivamente las mismas configuraciones Sol-Planeta-Asteroide con el transcurso del tiempo (miles de años) surge una perturbacion que genera sus puntos de equilibrio y toda una estructura en el espacio de fases.



- Las orbitas resonantes se manifiestan presentando oscilaciones en sus elementos orbitales (a, e, i) entorno de esos puntos de equilibrio.

¿Son las resonancias estados comunes en el Sistema Solar?

Si

¿Por que?

Al menos 3 razones:

- hay muuuuuuchas resonancias posibles (m, n enteros arbitrarios)
- tienen cierta *fuerza* (**strength**) y *pegajosidad* (**stickiness**)
- existen mecanismos (como Yarkovsky) que producen variaciones en a llevando las orbitas hacia estados resonantes

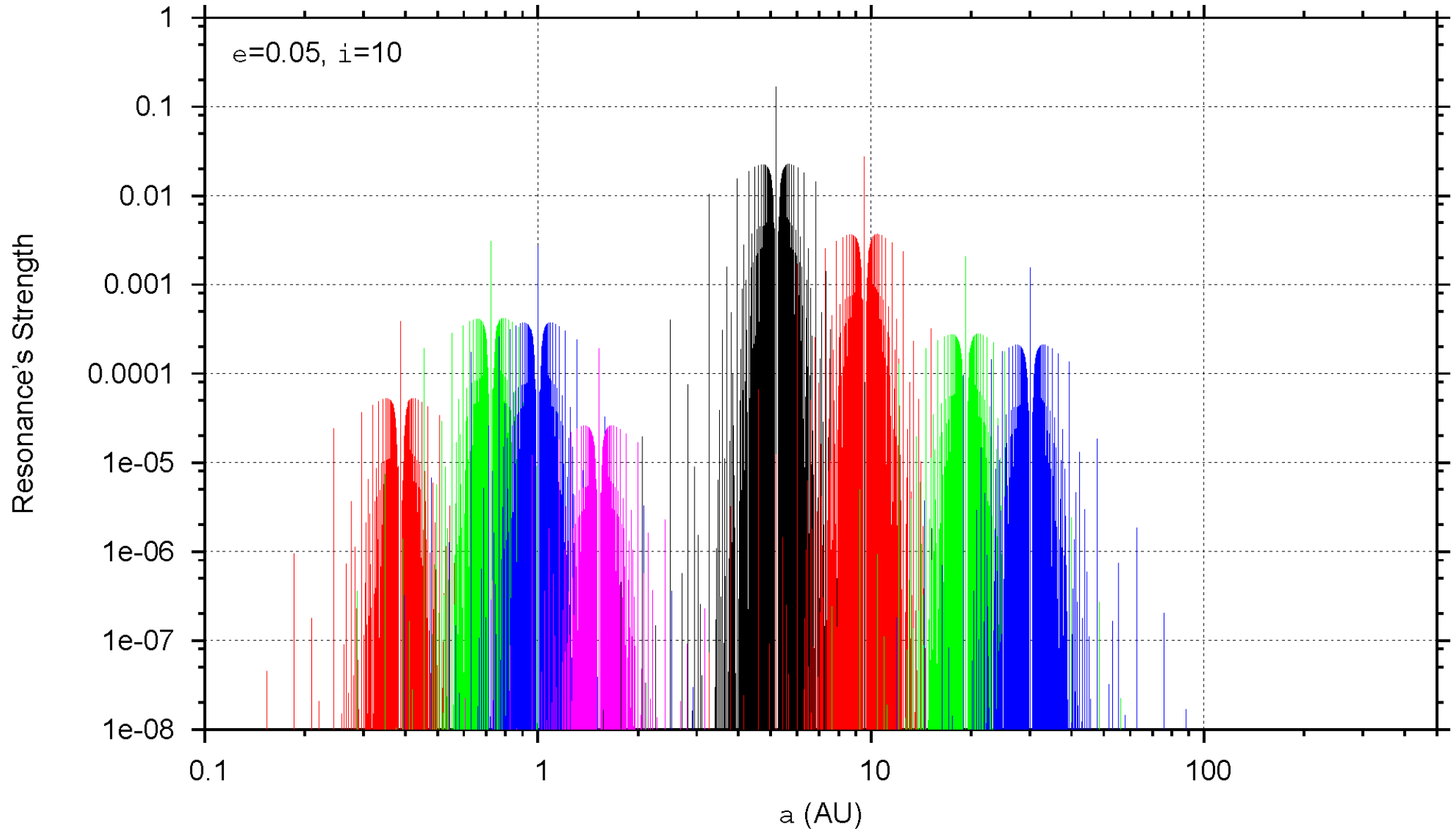
Fuerza de una Resonancia

¿Cuales son las resonancias importantes?

¿Como saber si la resonancia 2 : 3 es mas o menos importante que la 21 : 30?

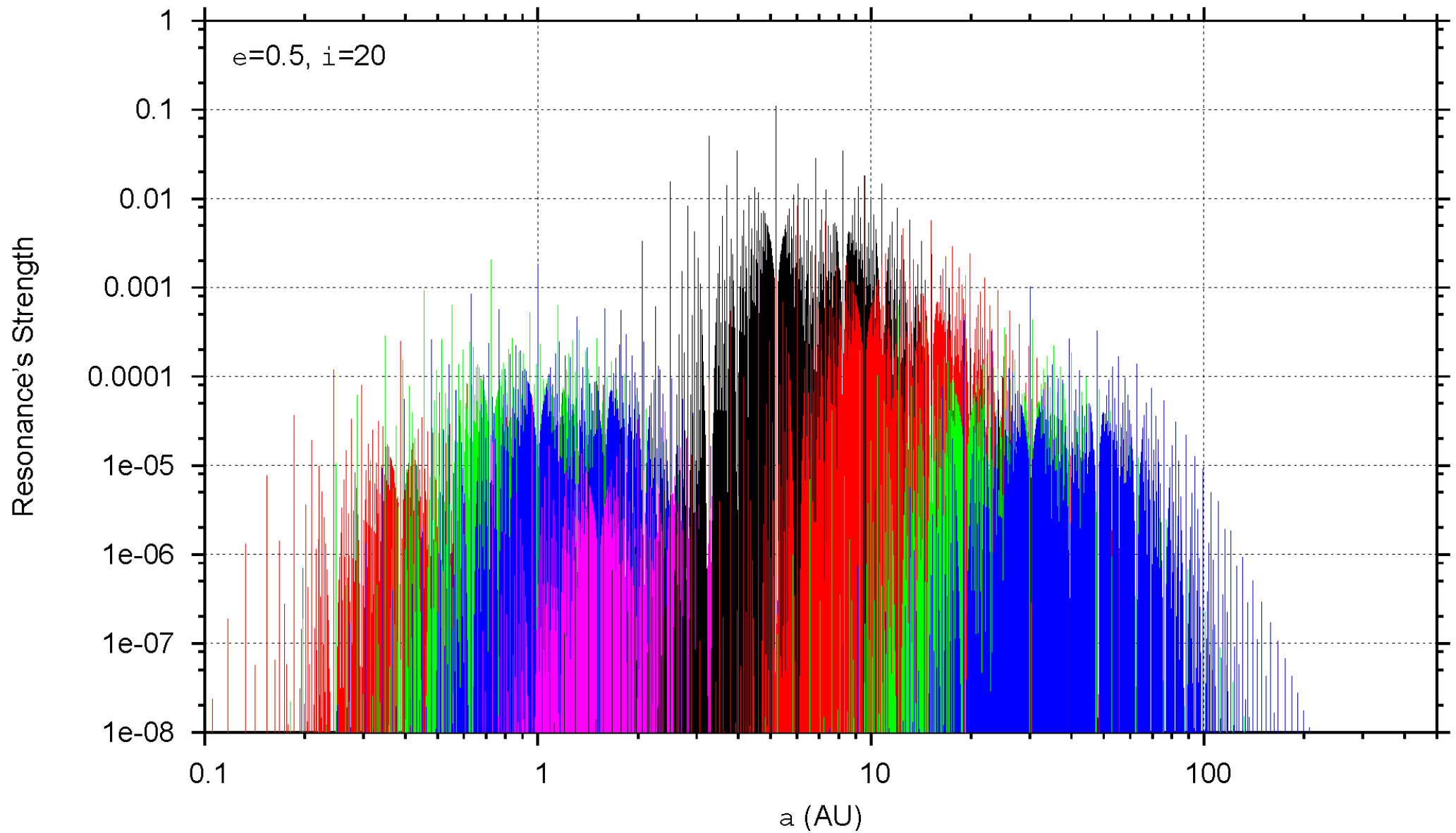
- No existia metodo general para evaluar la fuerza de las resonancias.
- Propusimos un metodo basado en la amplitud de la funcion perturbadora resonante (Gallardo, Icarus 2006).
- Con este metodo pudimos evaluar la **fuerza** de todas las resonancias en el Sistema Solar.
- La fuerza depende de a, e, i, ω y del planeta (a_p, M_p) con quien ocurre la resonancia.

Fuerza de las resonancias



Orbitas de **BAJA** excentricidad.

Fuerza de las resonancias

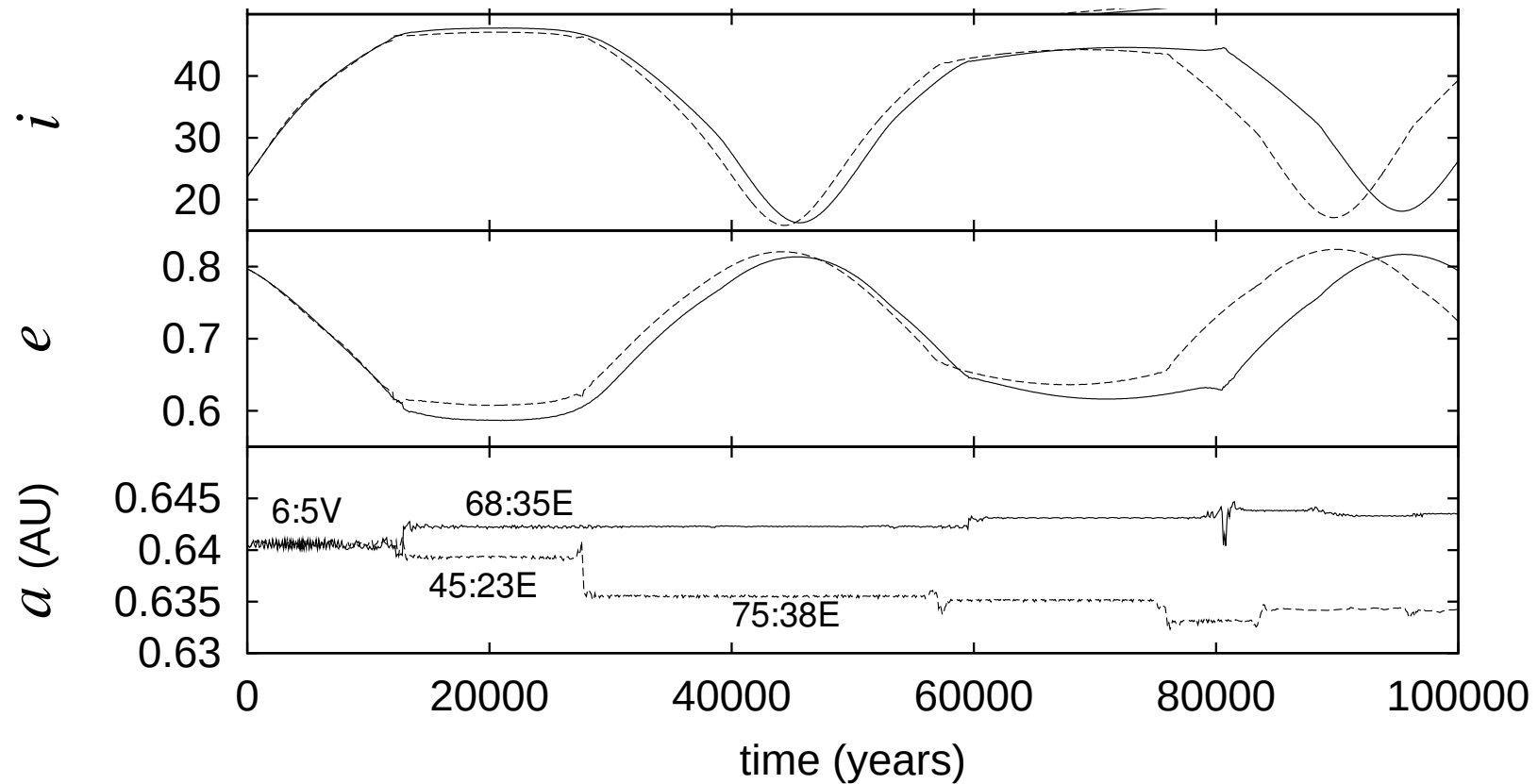


Orbitas de **ALTA** excentricidad.

¿Fuerza dijo?

- Sería razonable suponer que la Fuerza de una resonancia tiene que ver con la capacidad de la resonancia de capturar asteroides.
- Sería razonable.
- Pero faltaría una evidencia empírica.
- Por ejemplo integrando miles de partículas por miles de millones de años y evaluando el tiempo de permanencia (stickiness) en cada resonancia.

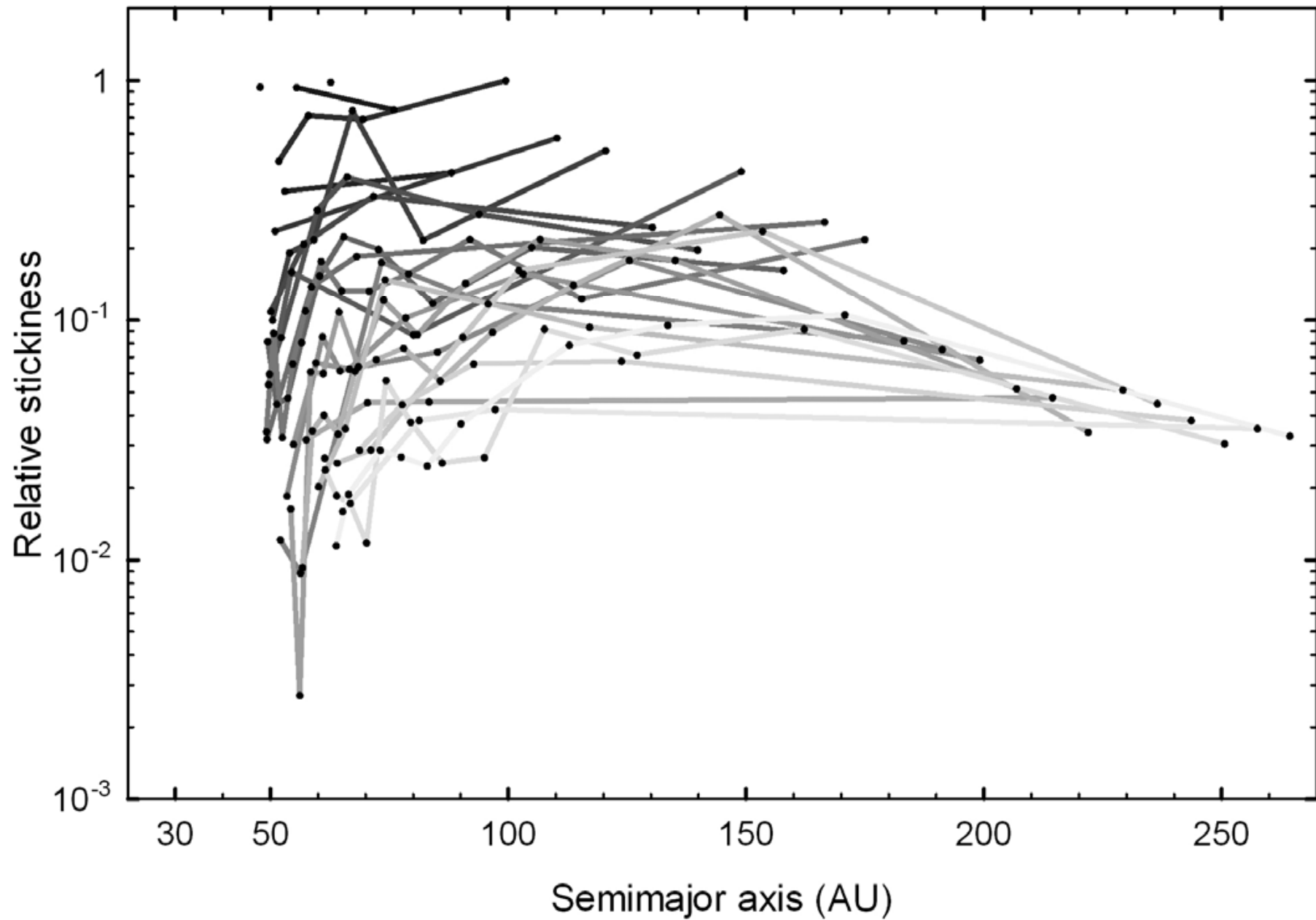
Fuerza (strength) y pegajosidad (stickiness)



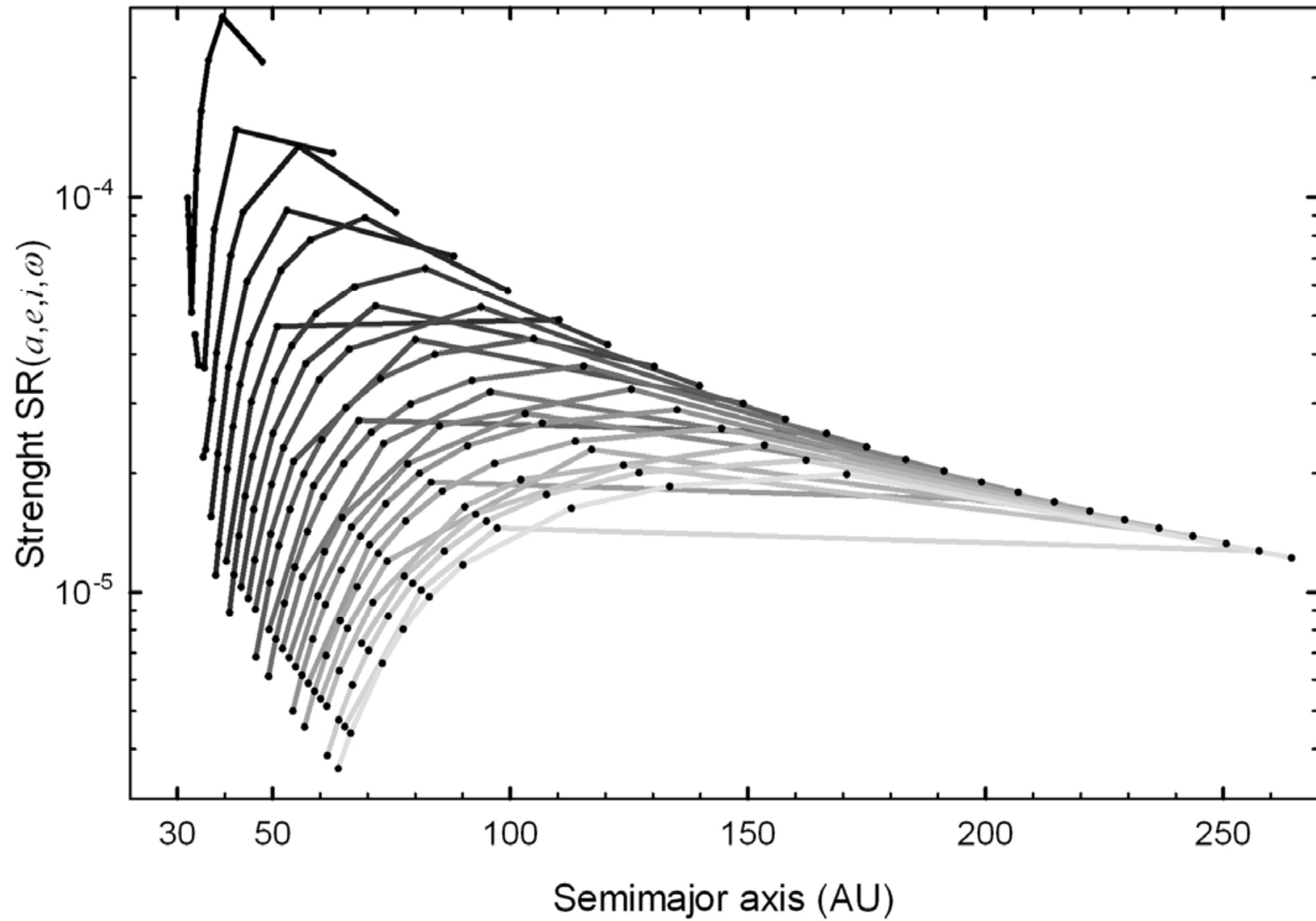
(Ejemplo tomado de Benitez y Gallardo, 2007)

Muy recientemente Lykawka y Mukai (Icarus, 2007) probaron que existe una relacion directa entre fuerza y pegajosidad.

Stickiness, Lykawka y Mukai 2007



Strength, Gallardo 2006

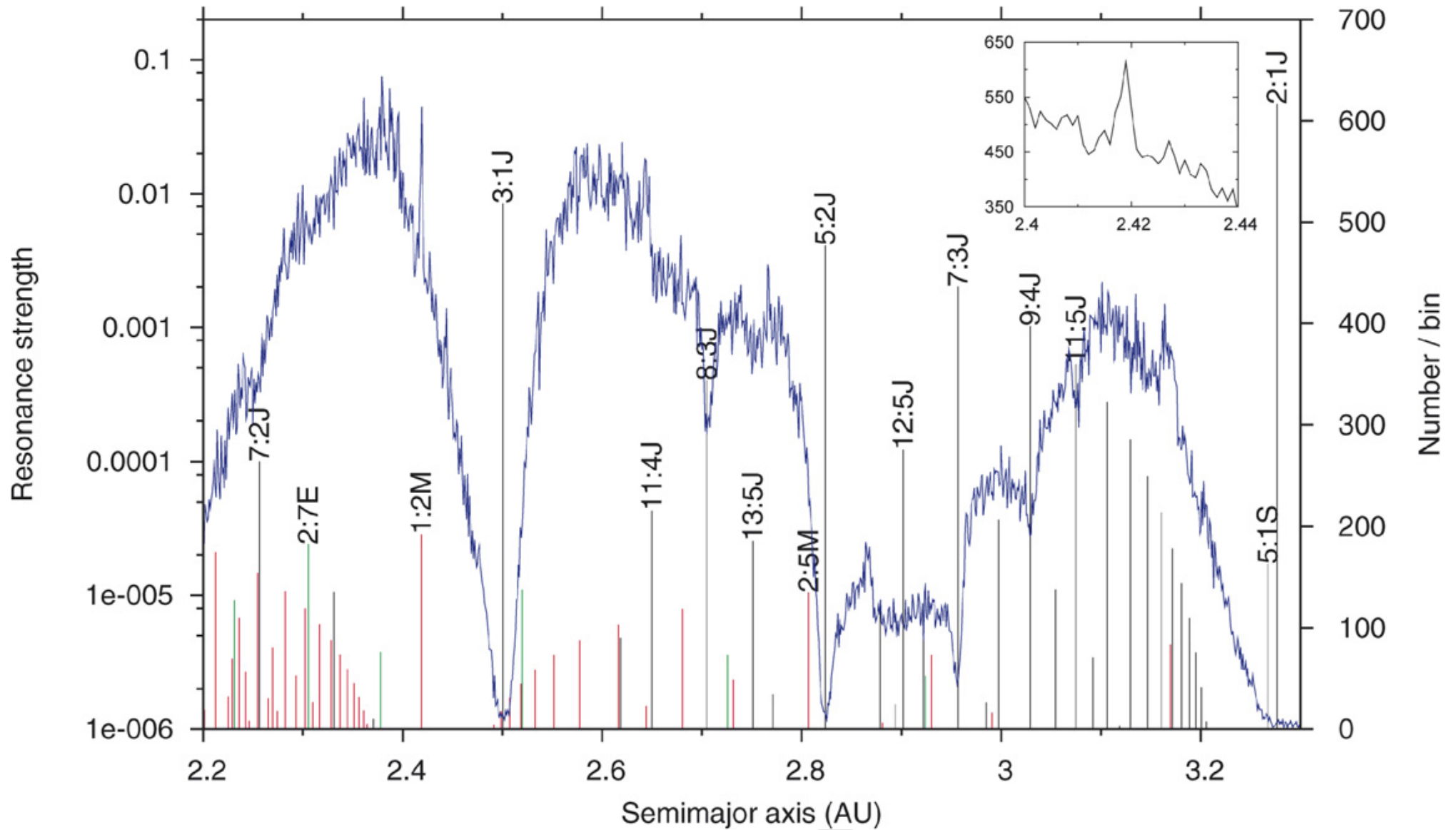


En consecuencia:

la fuerza mide la capacidad de atraer/retener asteroides

La Población

El cinturón de asteroides es "tallado" por Jupiter



la distribución de asteroides esta determinada por la localización y fuerza de las resonancias

Analisis del angulo critico

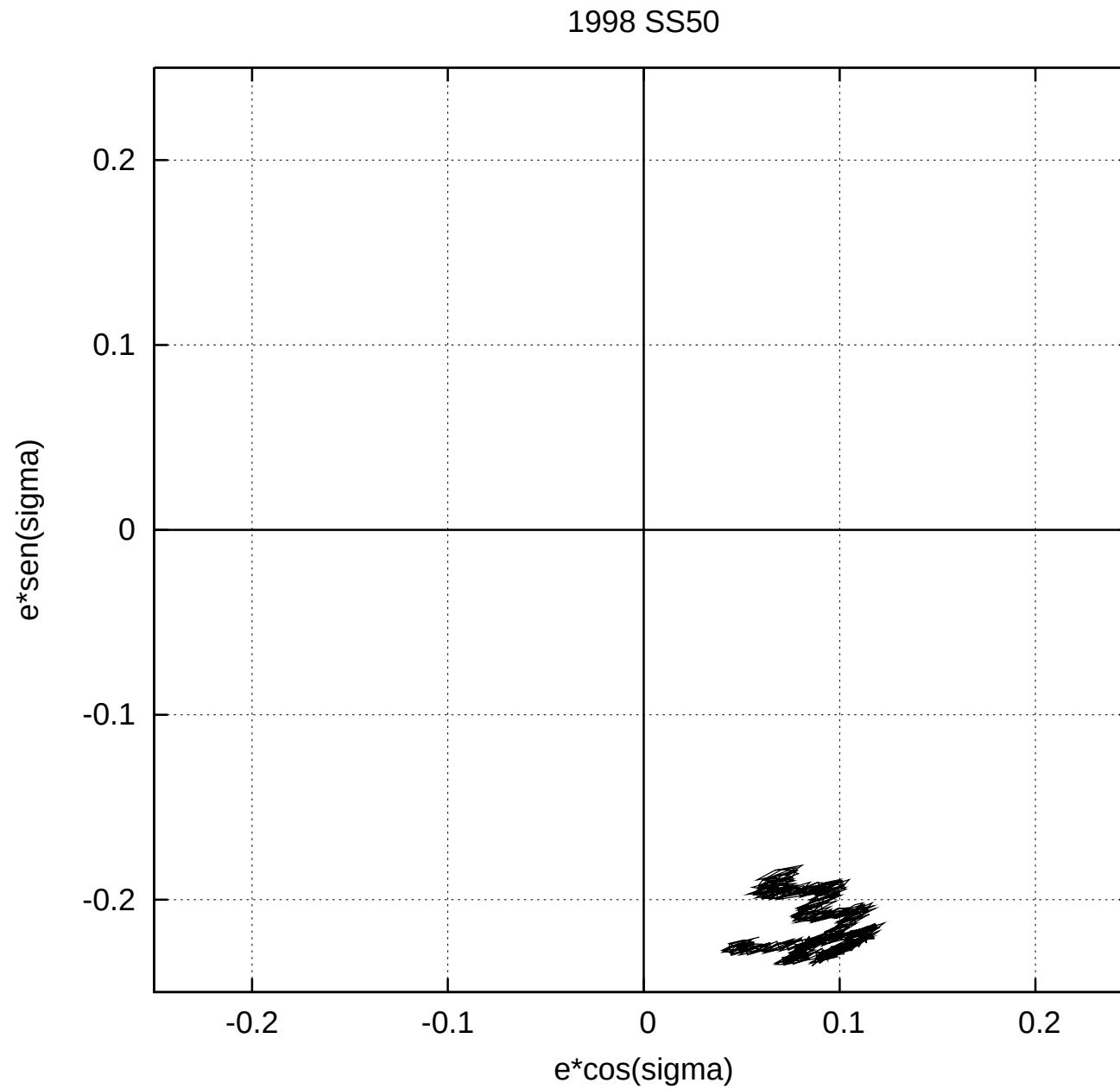
- Integracion numerica de 4000 asteroides con $2.415 < a < 2.423$ UA por lapso de 20000 años.
- Analisis del angulo critico $\sigma = 2\lambda - \lambda_M - \varpi$, ($0 \leq \sigma \leq 360$):

$$\frac{d\sigma}{dt} = \begin{cases} > 0 & \text{siempre} \\ < 0 & \text{siempre} \end{cases} \quad \text{NO hay resonancia}$$

$\frac{d\sigma}{dt}$ oscila entorno de cero $\implies$ SÍ hay resonancia
y en este caso σ oscila (libra) entorno a un valor de equilibrio (centro de libracion)

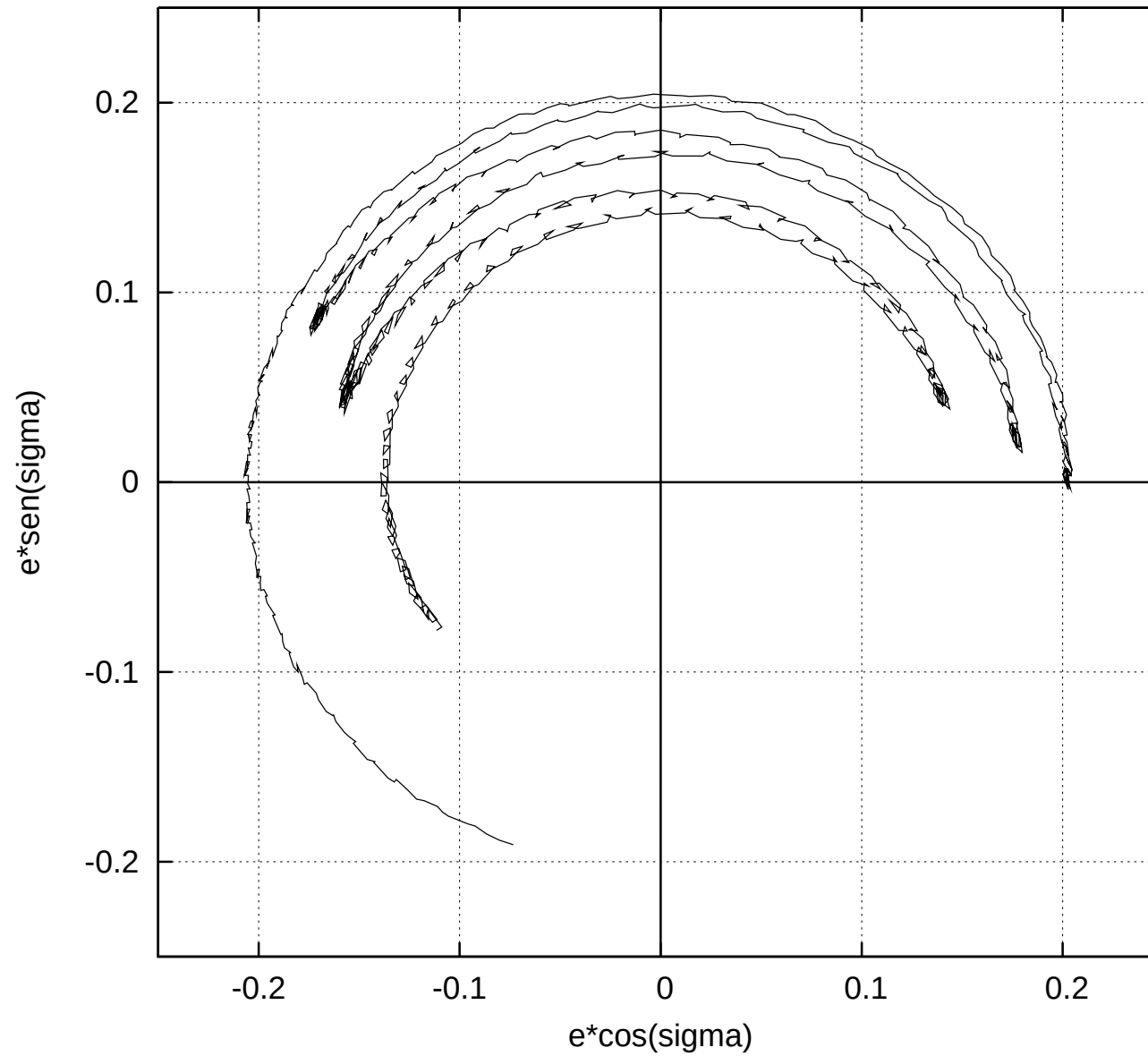
- Encontramos aproximadamente 1000 asteroides en la resonancia 1:2 con Marte.

El mas profundo en la resonancia ($D \sim 1.5$ kms)

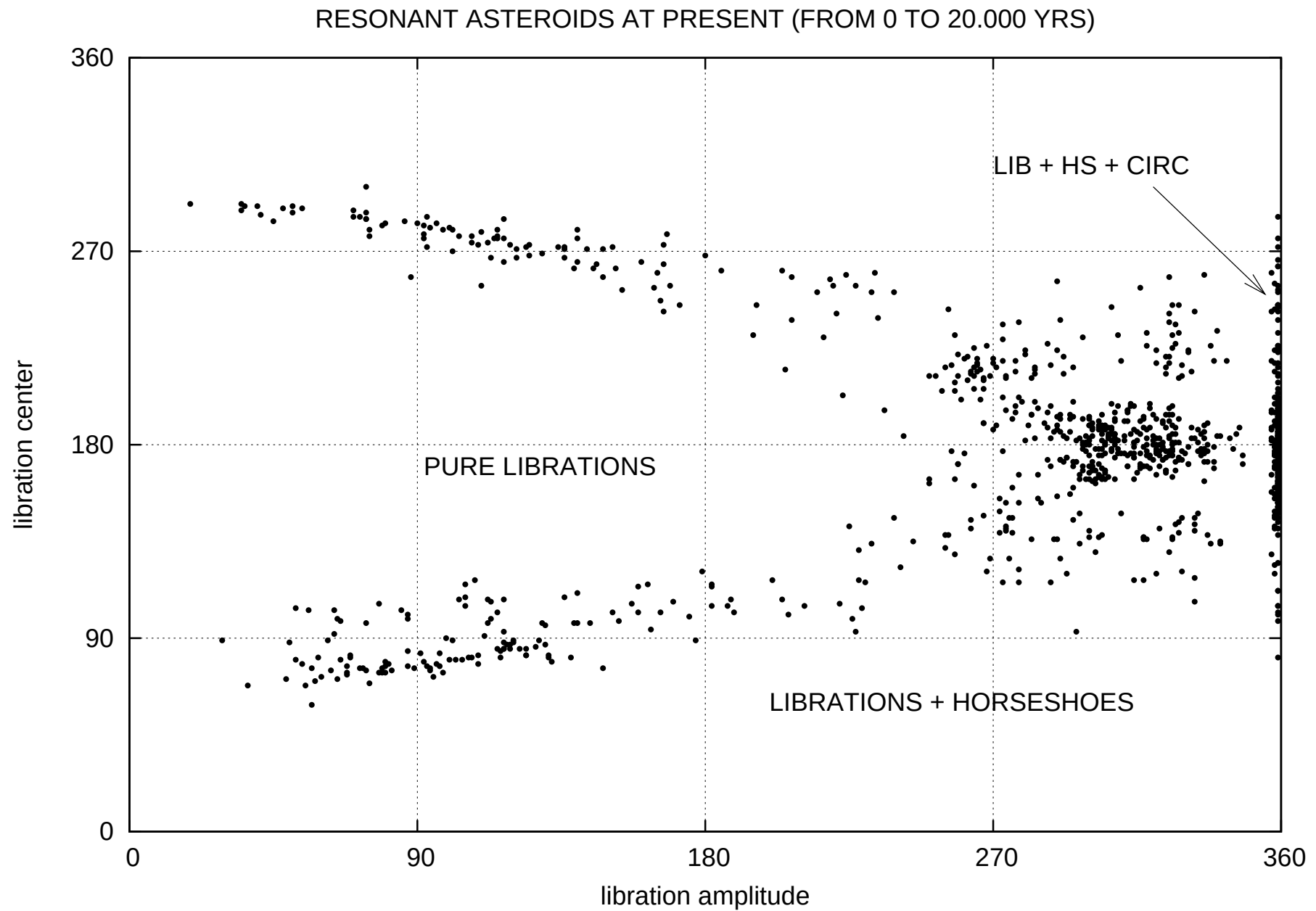


El mayor asteroide ($D \simeq 55$ kms)

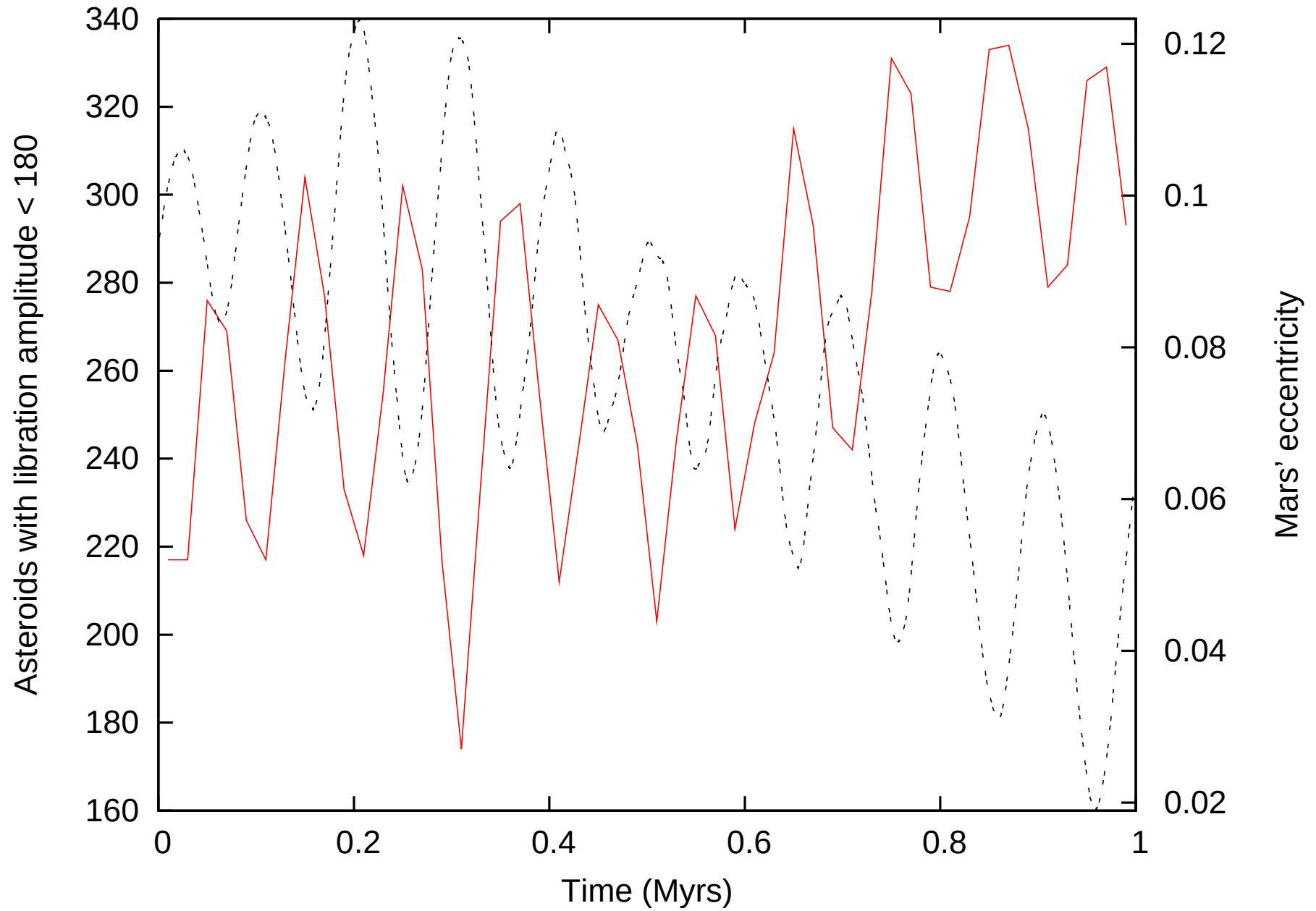
(142) Polana



Los mil asteroides resonantes

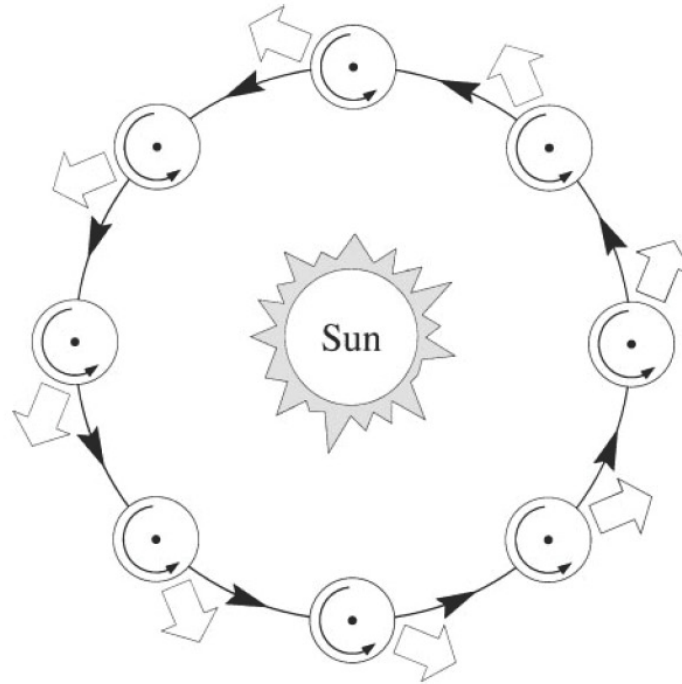


Evolucion de los mil



Características de la Poblacion

- Diametros: entre 0.4 kms y 55 kms. Distribucion de tamaños similar a la poblacion no resonante (malas noticias para Yarkovsky).



- Inclination media similar a la poblacion no resonante.
- Excentricidad orbital notoriamente superior a la de la poblacion no resonante (baja e implica debil resonancia).

Antecedentes: la familia de Polana

The Puzzling Case of the Nysa–Polana Family¹

A. Cellino and V. Zappalà

Osservatorio Astronomico di Torino, I-10025 Pino Torinese, Italy
E-mail: cellino@to.astro.it

A. Doressoundiram

Observatoire de Paris, DESPA, 5, Place Jules Janssens, F-92190 Meudon, France

M. Di Martino

Osservatorio Astronomico di Torino, I-10025 Pino Torinese, Italy

Ph. Bendjoya

Université de Nice, F-06108 Nice Cedex, France

and

E. Dotto and F. Migliorini

Osservatorio Astronomico di Torino, I-10025 Pino Torinese, Italy

Conclusiones

- Encontramos una numerosa población en la resonancia 1:2 con Marte
- Sería la tercera (¿o segunda?) mas numerosa luego de Hildas y Troyanos de Jupiter y la primera atribuída a un planeta terrestre
- En el espacio de semiejes contribuyen a una de las mayores concentraciones en el sistema solar
- En 1 millón de años son estables y fuertemente dependientes de la excentricidad de Marte
- Posible vínculo con la familia Nysa-Polana
- Desconocemos su origen
 - capturados por Yarkovsky?
 - son primordiales?
 - capturados por migración de Marte?
- Urge calcular su vida media (~ 500 millones de años?)
- Urge un modelo incluyendo gravedad + Yarkovsky

Graficos, animaciones, Java applets, etc:

`www.fisica.edu.uy/~gallardo/marte12`