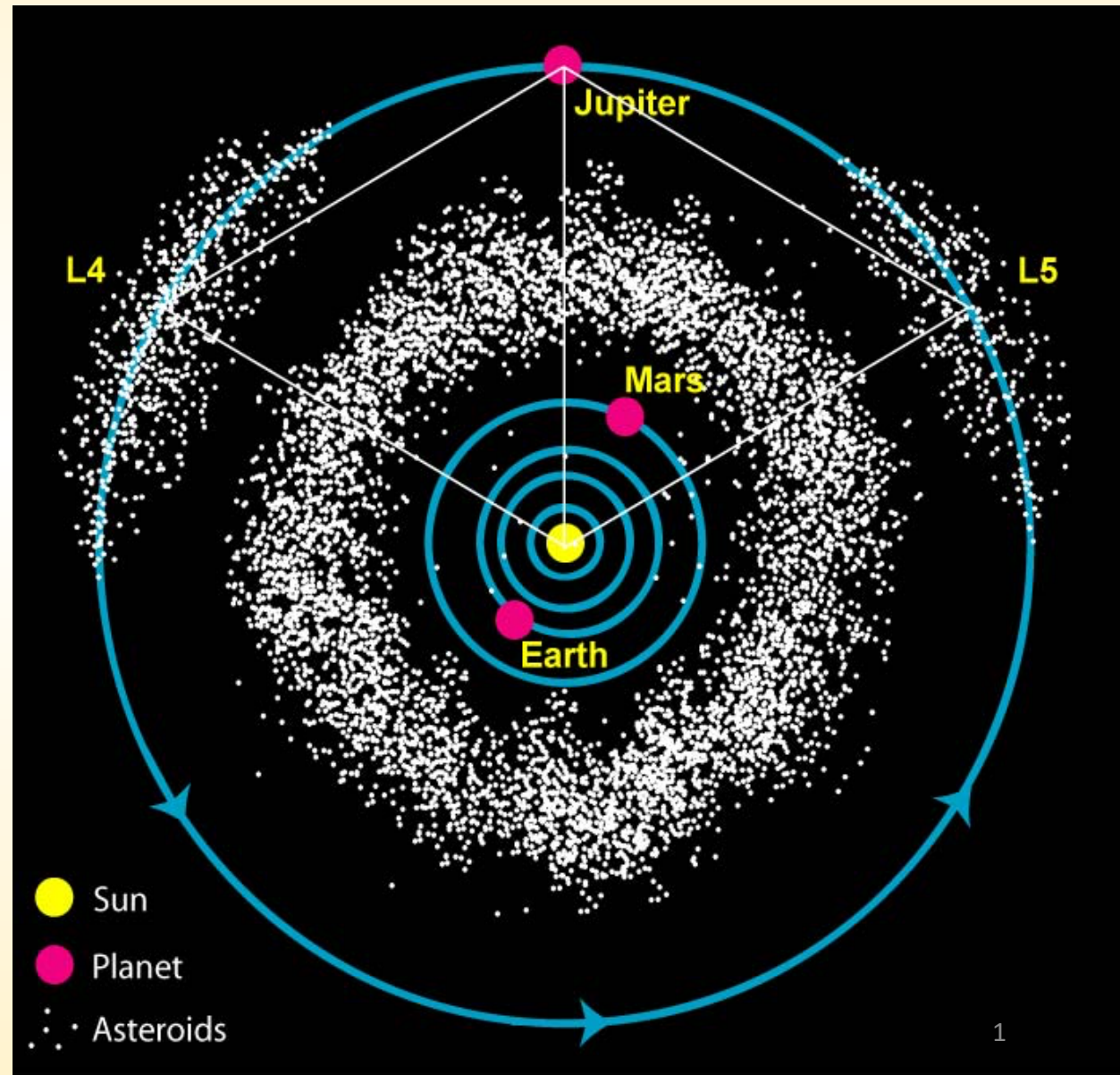


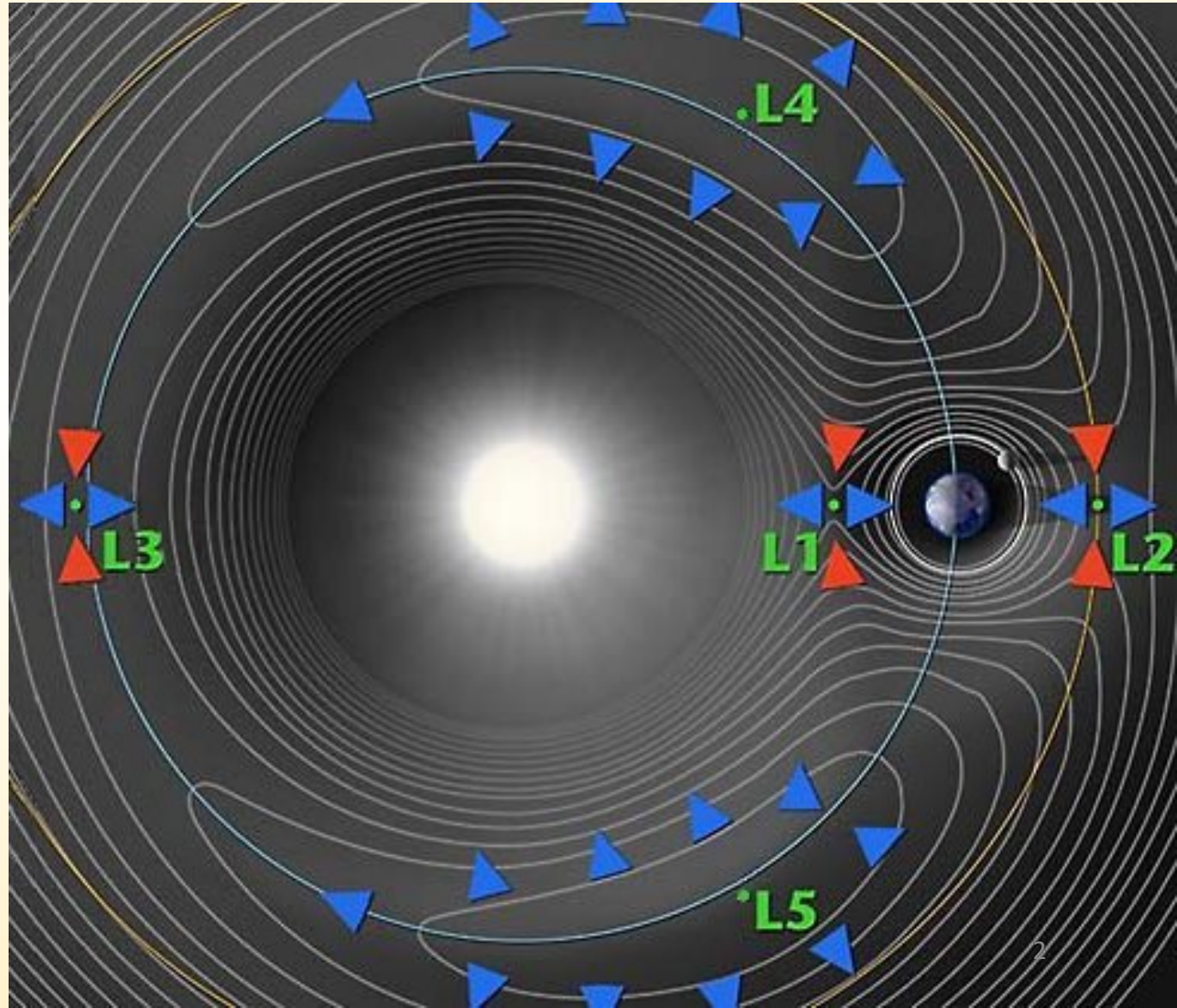
# 16 - Trojan asteroids

En los puntos de Lagrange L4 y L5 de la órbita de Júpiter hay dos grupos de asteroides conocidos como los Trojanos.

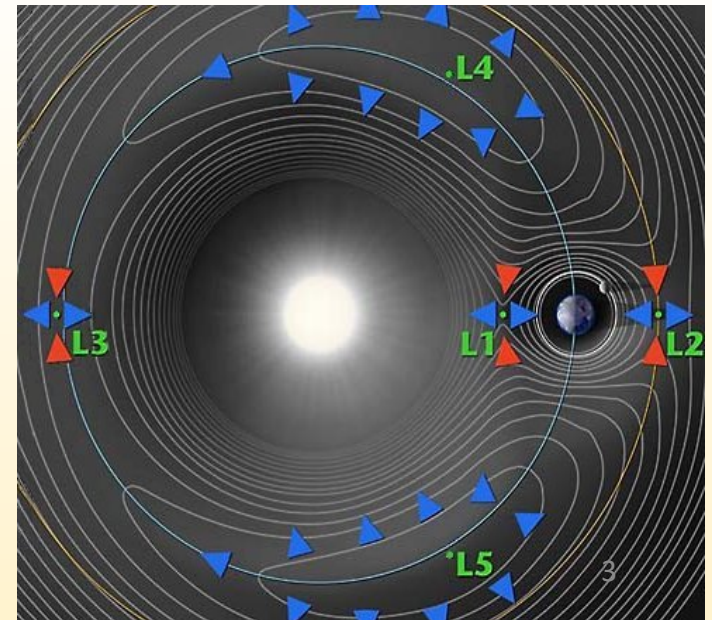


# Puntos de Lagrange

Los puntos de Lagrange son los 5 puntos (L1 a L5) donde la gravitación de dos cuerpos grandes se cancela efectivamente

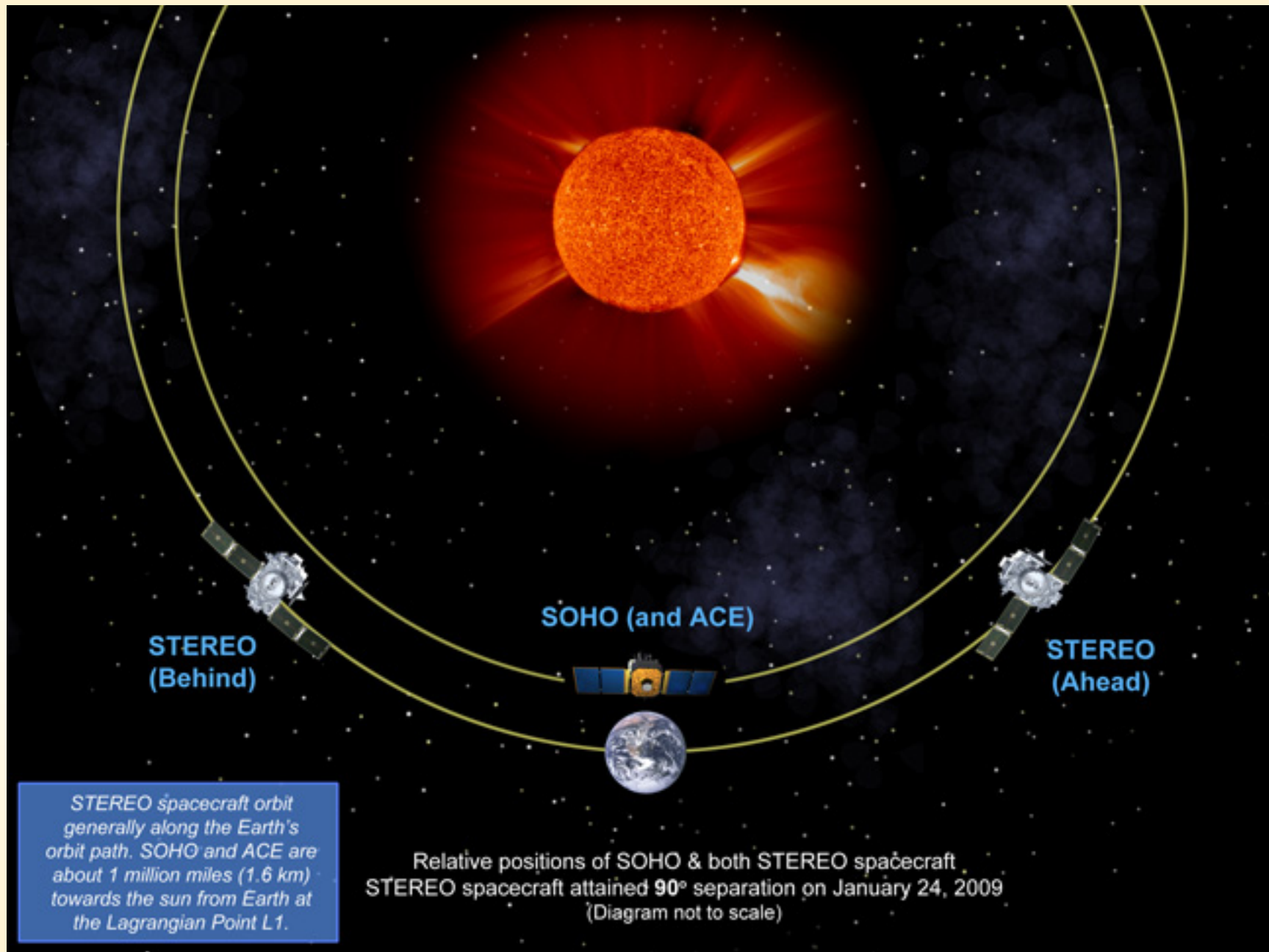


Los puntos L1, L2 y L3 son formalmente inestables (en que una perturbación leve moverá algo del punto de Lagrange y continuará moviéndose hacia fuera desde ese punto) - pero algunas soluciones estables son posibles (los satélites se colocan a menudo en el punto L1. L4 y L5, que se encuentran a 60 grados delante y detras del secundo cuerpo, son estables y los asteroides se encuentran en estos puntos Lagrange.



Pero: Cerca L1 son órbitas periódicas estables posible (Szebehely 1967) → el SOHO nave espacial tiene una órbita estable cerca L1 (Domingo et al., 1995) para observar el Sol.





**STEREO  
(Behind)**

**SOHO (and ACE)**

**STEREO  
(Ahead)**

*STEREO spacecraft orbit generally along the Earth's orbit path. SOHO and ACE are about 1 million miles (1.6 km) towards the sun from Earth at the Lagrangian Point L1.*

Relative positions of SOHO & both STEREO spacecraft  
STEREO spacecraft attained 90° separation on January 24, 2009  
(Diagram not to scale)

# Tadpole (renacuajo) y Horseshoe (herradura) Orbits

La solución que tenemos hasta ahora sólo es válido en la estrecha vecindad de L4 y L5 (pequeñas amplitudes).

No podemos deducir nada por grandes desplazamientos pero podemos realizar simulaciones numéricas.

La figura muestra dos trayectorias cerca de L4 para Sol-Júpiter.

# Tadpole Orbits

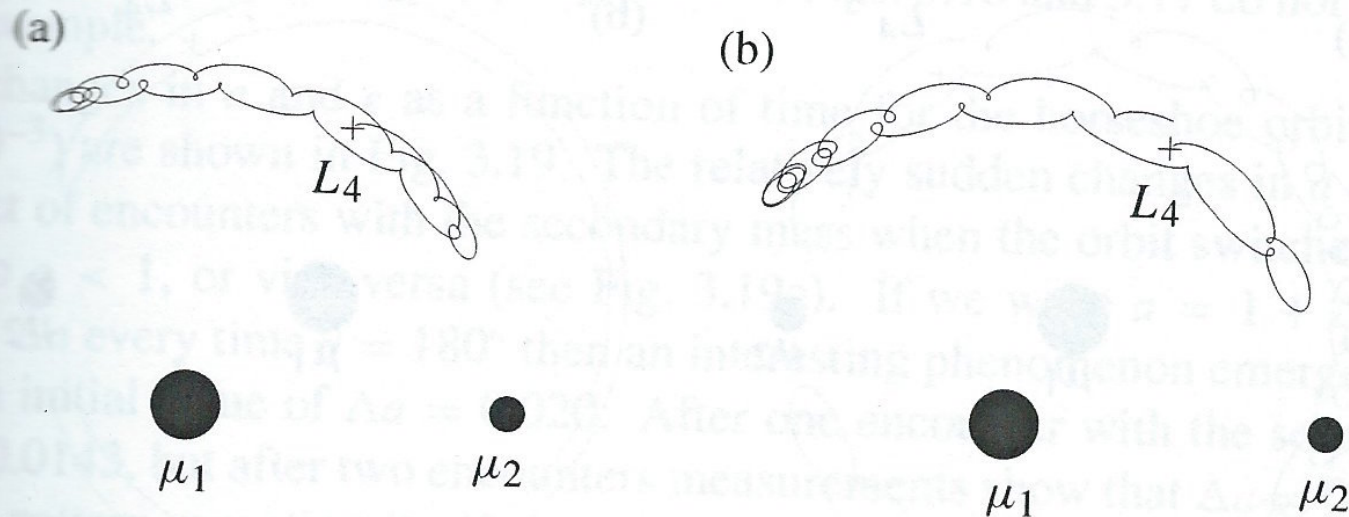


Fig. 3.16. Two examples of tadpole orbits librating about the  $L_4$  equilibrium point (denoted by a cross and located at  $x_0 = 1/2 - \mu_2$ ,  $y_0 = \sqrt{3}/2$ ) for  $\mu_2 = 0.001$ . The masses  $\mu_1$  and  $\mu_2$  are denoted by the filled circles. (a) The starting conditions are  $x = x_0 + 0.0065$ ,  $y = y_0 + 0.0065$  with  $\dot{x} = \dot{y} = 0$  and the orbit is followed for 15 orbital periods of  $\mu_2$ . (b) The starting conditions are  $x = x_0 + 0.008$ ,  $y = y_0 + 0.008$  with  $\dot{x} = \dot{y} = 0$  and the orbit is followed for 15.5 orbital periods of  $\mu_2$ .

# Horseshoe Orbits:

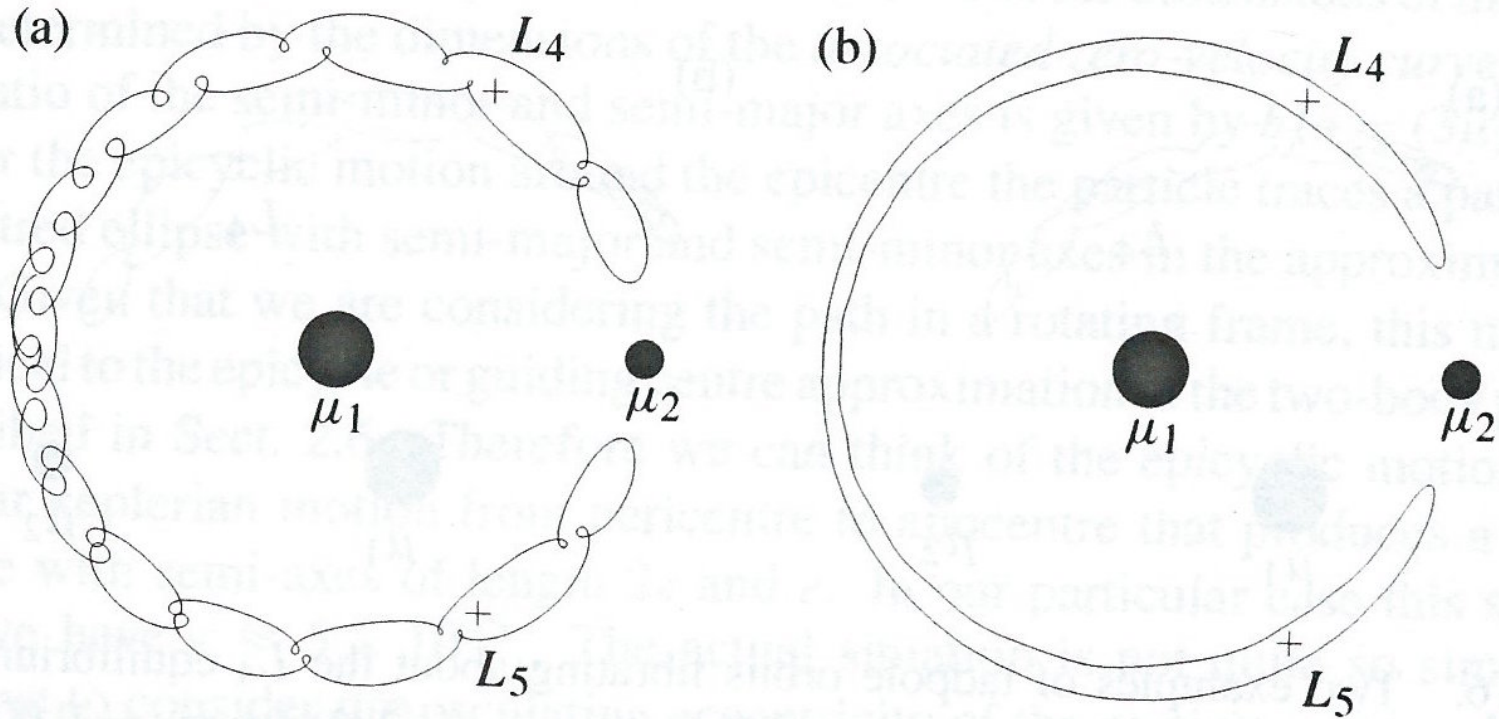


Fig. 3.17. Two examples of near-periodic horseshoe orbits librating about the  $L_4$  equilibrium point for  $\mu_2 = 0.000953875$ , taken from data given by Taylor (1981). (a) The starting conditions are  $x = -0.97668$ ,  $y = \dot{x} = 0$ ,  $\dot{y} = -0.06118$ . (b) The starting conditions are  $x = -1.02745$ ,  $y = \dot{x} = 0$ ,  $\dot{y} = 0.04032$ .



# Trojan Asteroids

588 Aquiles es el primer troyano de Júpiter descubierto. Fue descubierto el 22 de febrero de 1906, por el astrónomo alemán Max Wolf.

Lleva el nombre de Aquiles, el héroe ficticio de la Ilíada.

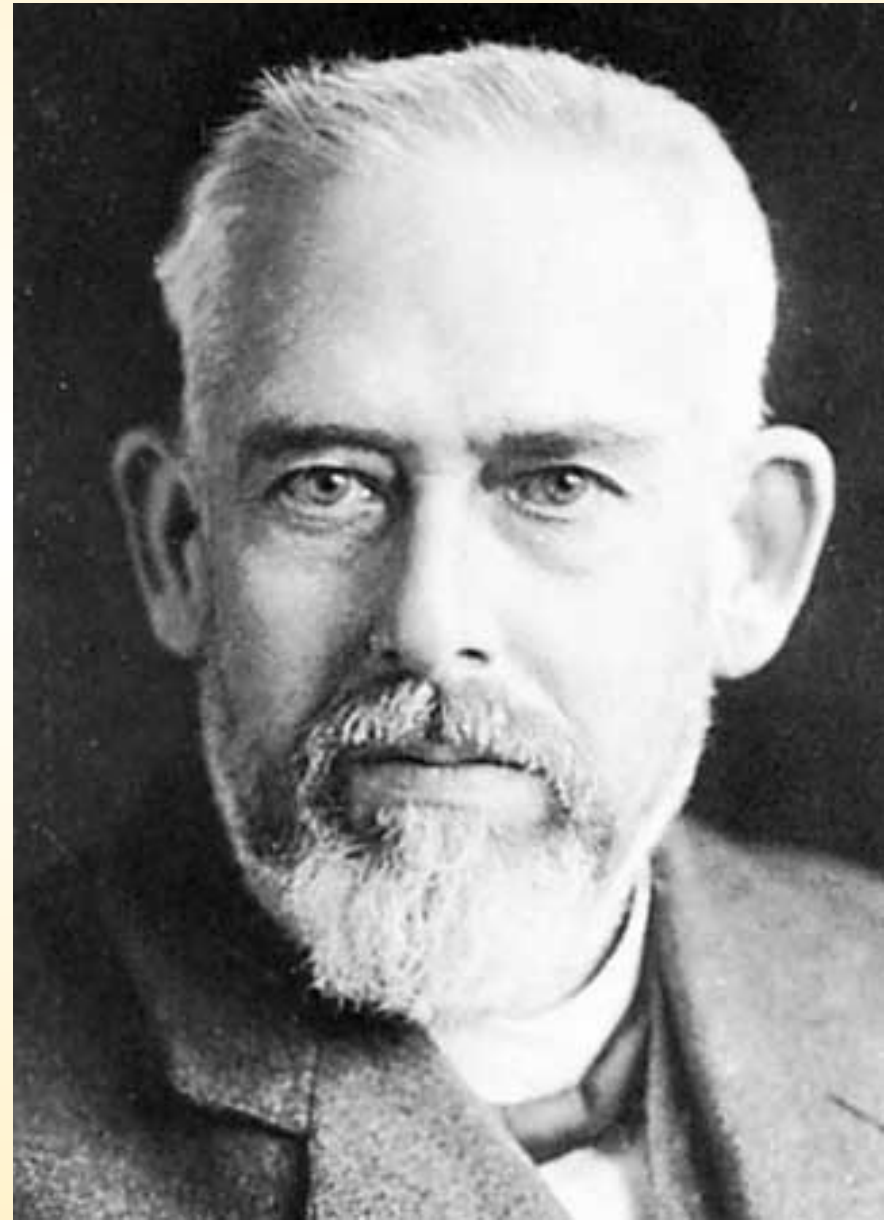
Orbita en el punto de Lagrange L4 del sistema Sol-Júpiter.

Después se descubrieron algunos de esos asteroides, la regla se estableció que el punto L4 era el "campamento griego", mientras que el punto L5 fue el "campo de Troya", aunque no antes de cada campamento había adquirido un "espía" (624 Hektor en el campamento griego y 617 Patroclo en el campamento de Troya).

**Maximilian Franz Joseph**

**Cornelius Wolf**

(June 21, 1863 – October 3, 1932) (21 junio 1863-3 octubre 1932) fue un astrónomo alemán y un pionero en el campo de la astrofotografía. Fue Presidente de la Astronomía en la Universidad de Heidelberg y director del observatorio Observatorio de Heidelberg-Königstuhl 1902-1932.



Hasta 1998 más de 450 asteroides troyanos se han descubierto liberador en L4 y L5 de Júpiter.

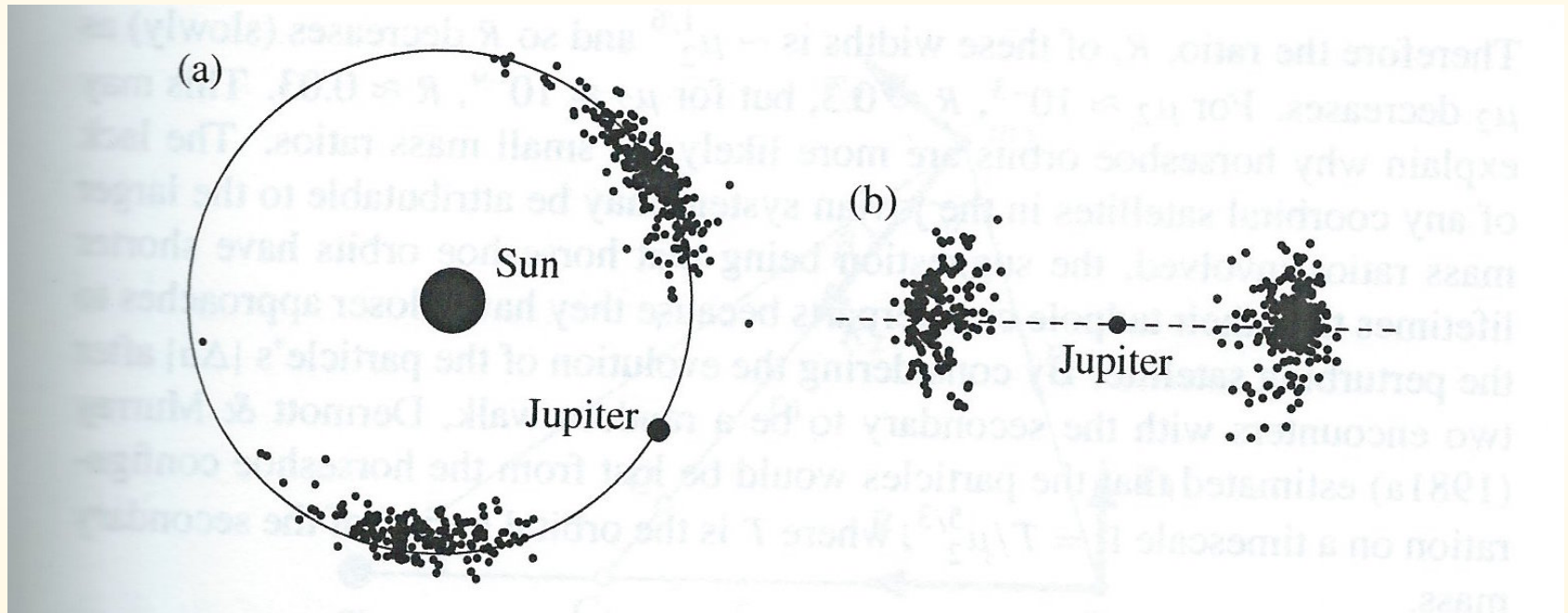


Fig. 3.23. (a) The distribution of asteroids in the vicinity of the orbit of Jupiter on December 18, 1997 at 0<sup>h</sup> UT (Julian Date 2450800.5). The plot denotes the positions of the asteroids projected onto the plane of the ecliptic. (b) The vertical distribution of the same asteroids viewed along the Jupiter–Sun line. The dashed line denotes the plane of Jupiter’s orbit.

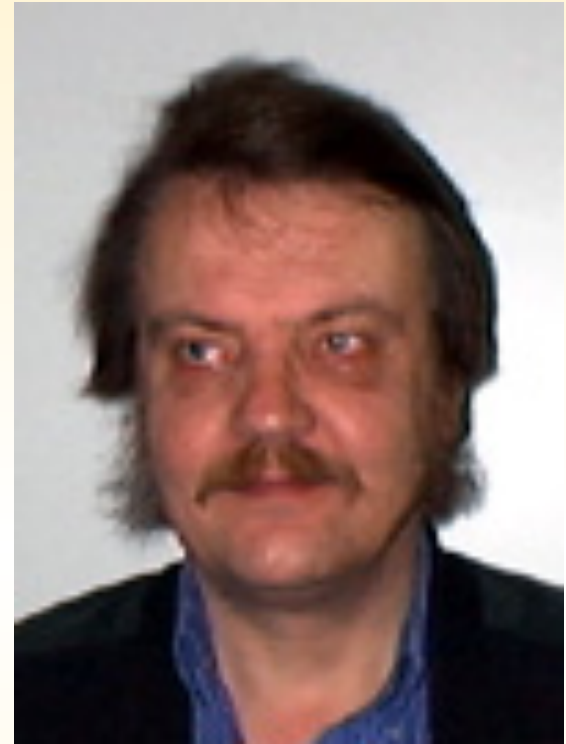
# 5261 Eureka

5261 Eureka es el primer troyano Marte descubierto. Fue descubierto por David Levy y Henry Holt en el Observatorio Palomar el 20 de junio de 1990. Se rutas Marte (en el punto L5) a una distancia variable sólo 0,3 AU durante cada revolución (con una tendencia secular superpuesta, cambiando la distancia 1,5-1,8 AU en 1850 a alrededor de 1.3 a 1.6 AU en 2400). Distancias mínimas desde la Tierra, Venus y Júpiter, son 0,5, 0,8 y 3,5 UA, respectivamente.

A largo plazo la integración numérica demuestra que la órbita es estable. Kimmo Innanen y Seppo A. Mikkola nota que "contrario a la intuición, no hay clara evidencia empírica para la estabilidad de movimiento alrededor de los puntos L4 y L5 de todos los planetas terrestres.

**Seppo Mikkola** (1946) es un astrónomo finlandés. Él es un profesor de la Universidad de Turku y miembro del personal en el Observatorio Tuorla.

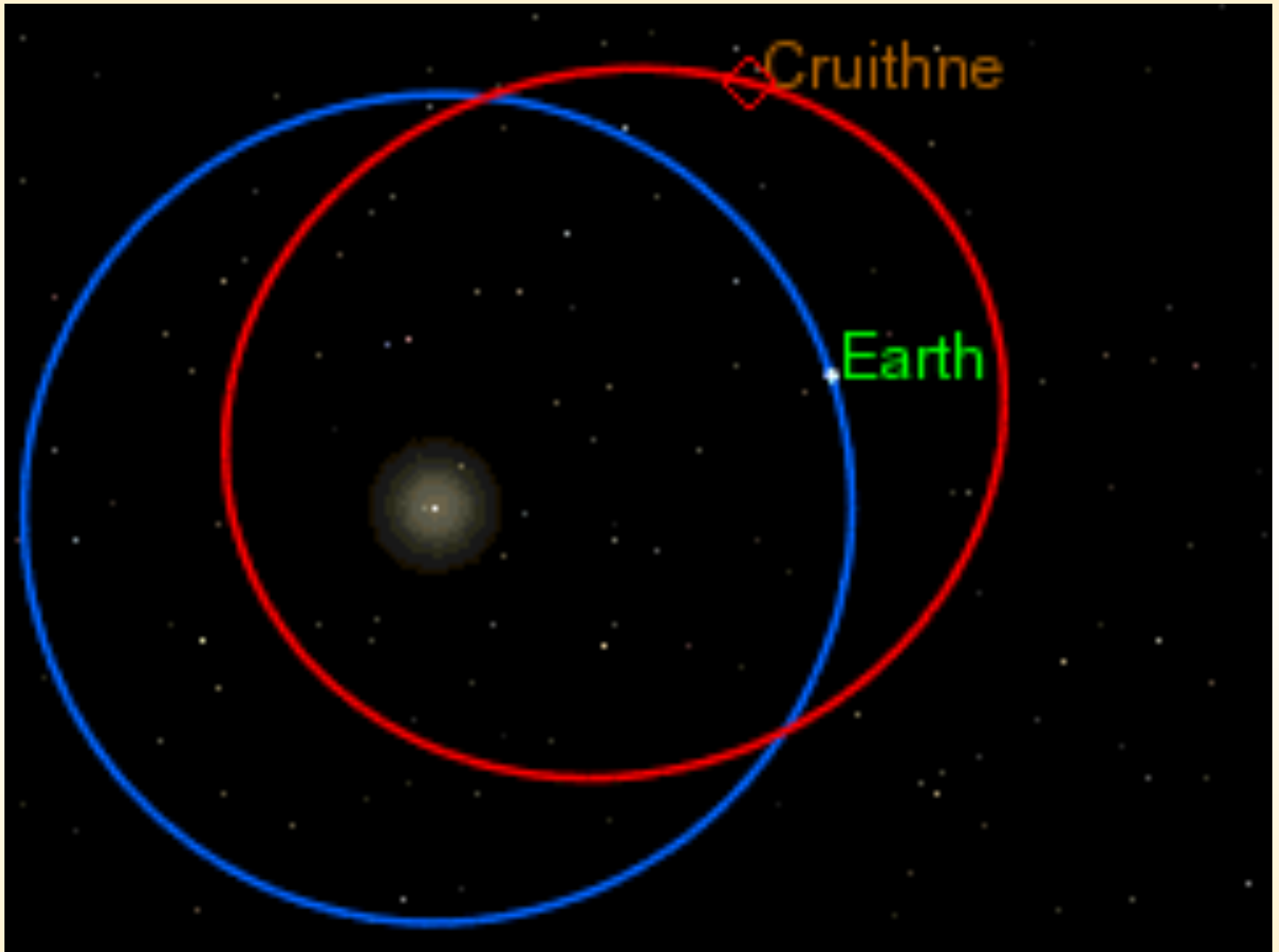
Mikkola es un experto en mecánica celeste. Él ha hecho contribuciones fundamentales a la teoría de la regularización de movimiento en el problema N-cuerpo gravitacional.



# Sun-Earth horseshoe orbit:

(3753) Cruithne





# Trojan Moons (lunas troyanas)

Las Voyager 1 y 2, naves espaciales, a su sobrevuelos de Saturno en 1980 y 1981, encontraron satélites troyanos.

Los 3 objetos se encuentran en la órbita de Tetis y Dione.



# Janus – Epimetheus system

## Co-orbital system

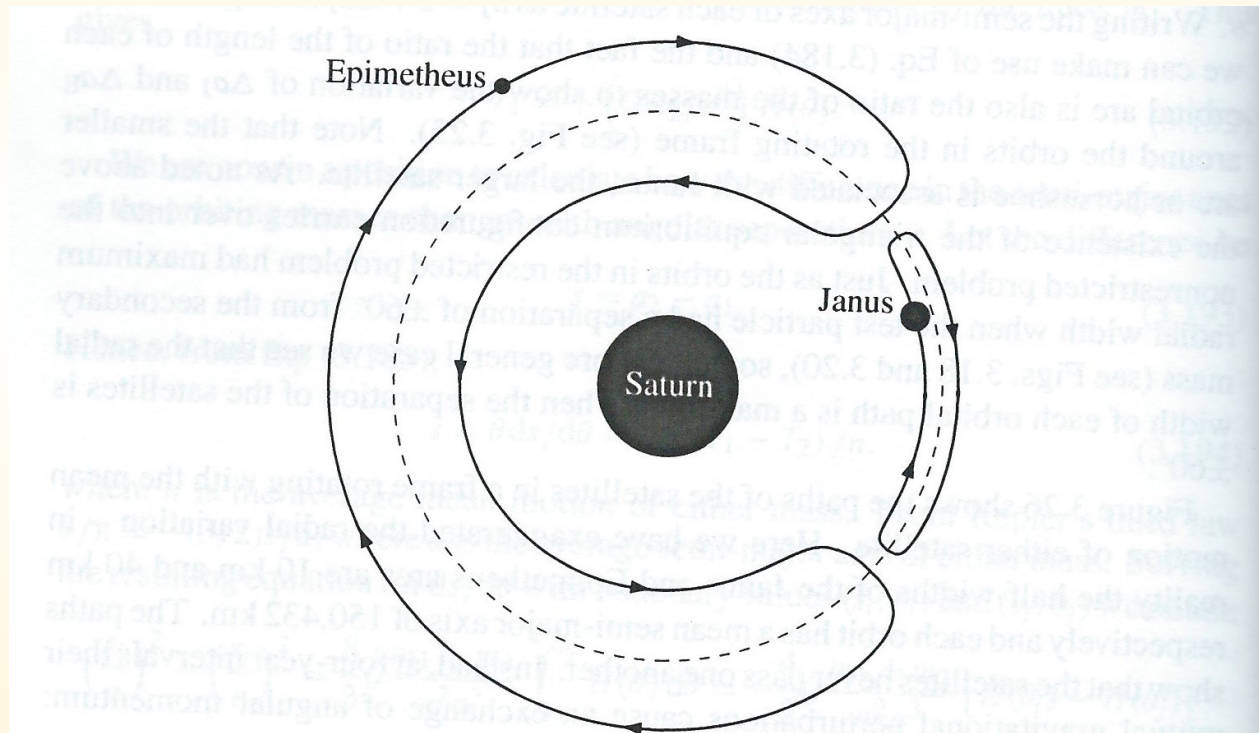


Fig. 3.26. A schematic diagram of the librational behaviour of the Janus and Epimetheus coorbital system in a frame rotating with the average mean motion of either satellite. The radial extent of the librational arcs are exaggerated; the ratio of the radial widths of the arcs is equal to the Janus–Epimetheus mass ratio ( $\sim 0.25$ ).

Podemos deducir las densidades de las dos lunas de sus órbitas → hielo poroso.

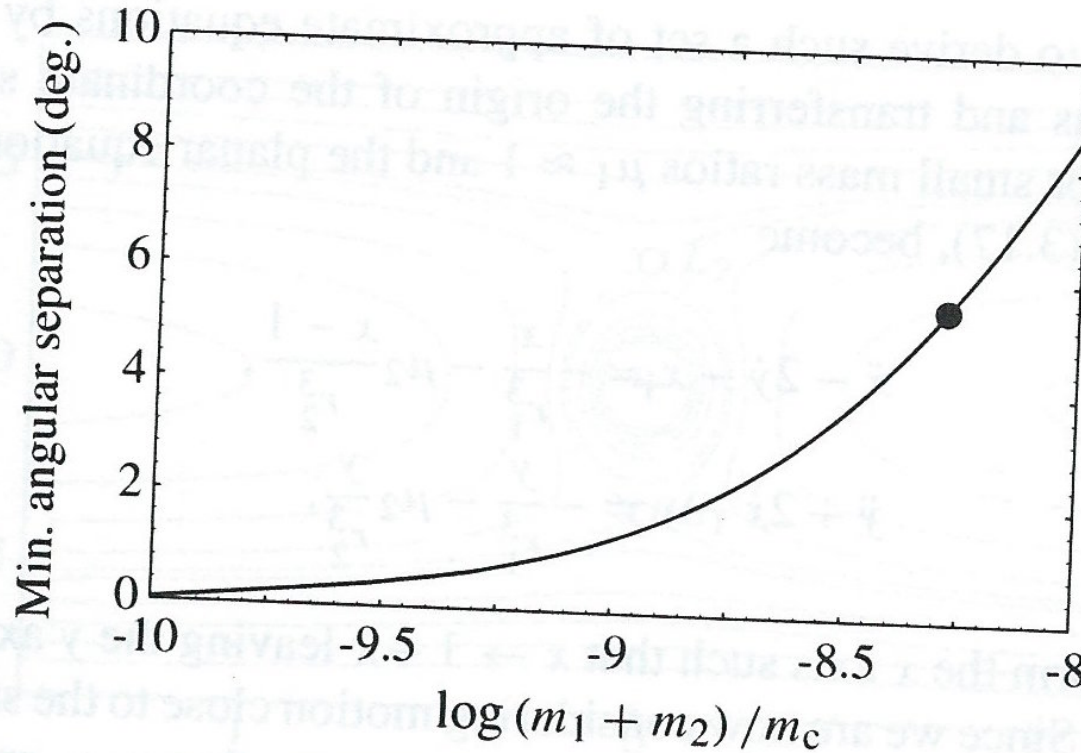


Fig. 3.27. The variation of the minimum angular separation of the two masses as a function of their combined mass. The point denotes the values that have been fitted to the Janus–Epimetheus system.