

07 - ¿Hay problemas con
la teoría de formación?

Mercurio

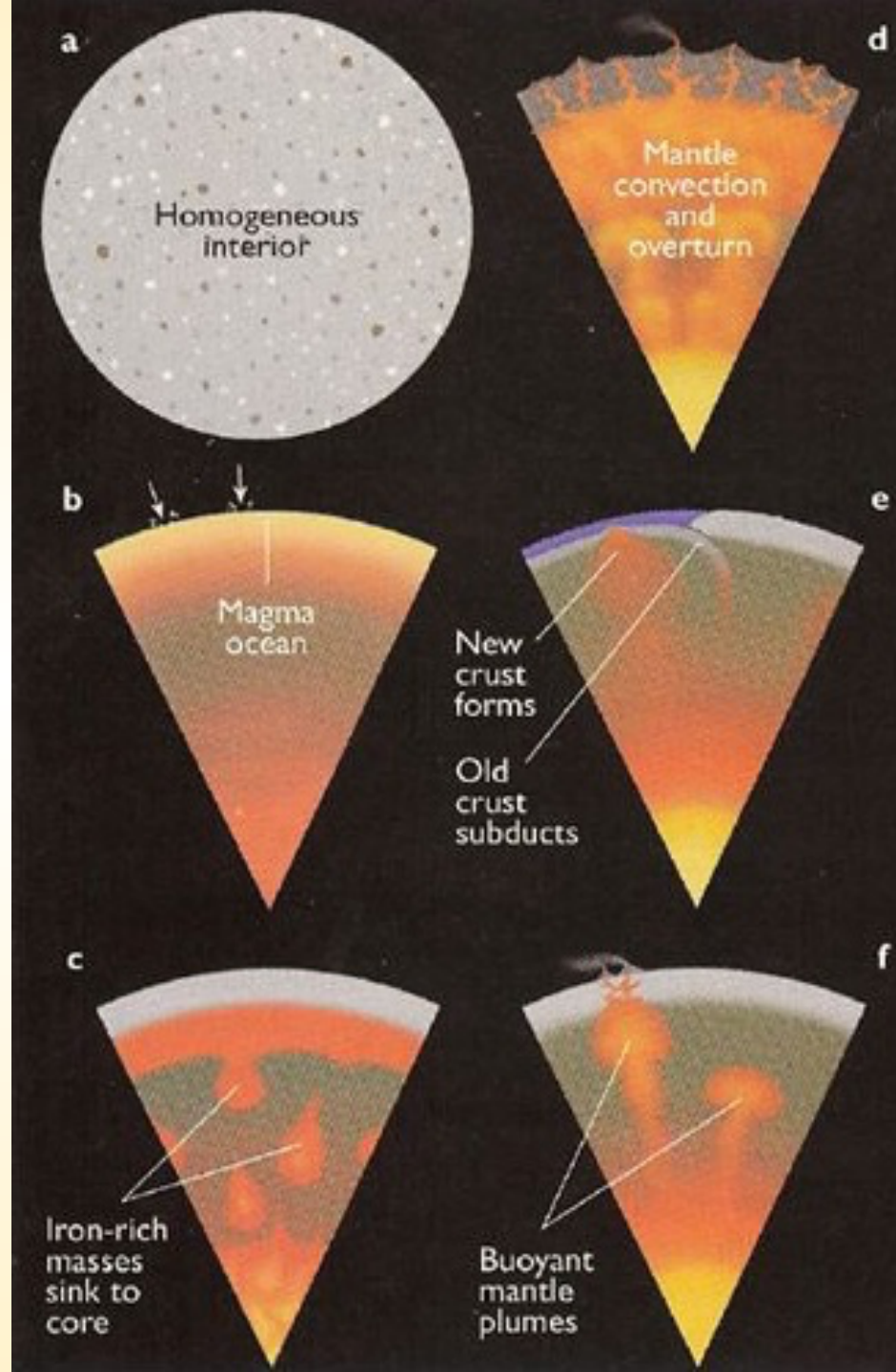


La densidad de Mercurio es la segunda más grande de todo el Sistema Solar, siendo su valor de 5.430 kg/m^3 , solo un poco más pequeña que la densidad de la Tierra.

La densidad de Mercurio se puede usar para deducir los detalles de su estructura interna.

Para explicar esta alta densidad, el núcleo debe ocupar gran parte del planeta y además ser rico en hierro, material con una alta densidad.

Los geólogos estiman que el núcleo de Mercurio ocupa un 42% de su volumen total (el núcleo de la Tierra apenas ocupa un 17%). Este núcleo estaría parcialmente fundido, lo que explicaría el campo magnético del planeta.



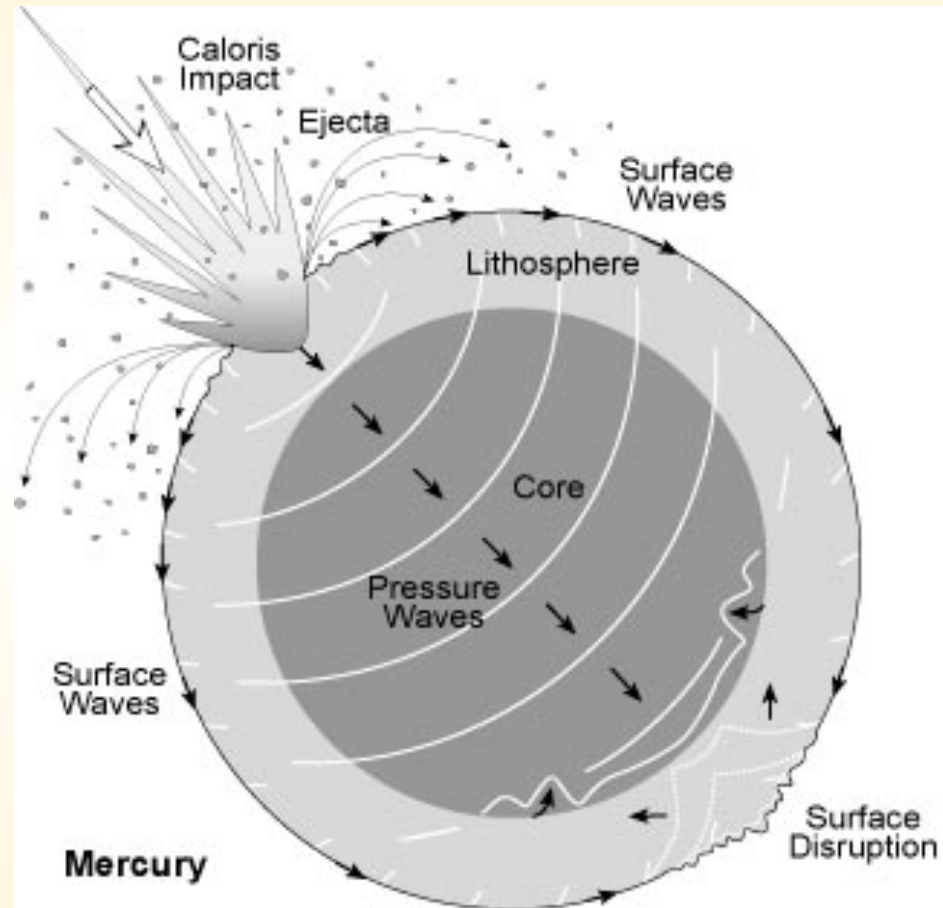
Rodeando el núcleo existe un manto de unos 600 km de grosor.

Estructura interna de Mercurio:

- (1) Corteza
- (2) Manto
- (3) Núcleo



La creencia generalizada entre los expertos es que en los principios de Mercurio, un cuerpo de varios kilómetros de diámetro (un planetesimal) impactó contra él, deshaciendo la mayor parte del manto original, dando como resultado un manto relativamente delgado comparado con el gran núcleo



La Luna de la Tierra



El problema con la Luna de la Tierra siempre fue que la Tierra debería haber tenido un pequeño disco proto-planetario

Sin duda este material no fue suficiente para formar algo tan masivo como la Luna

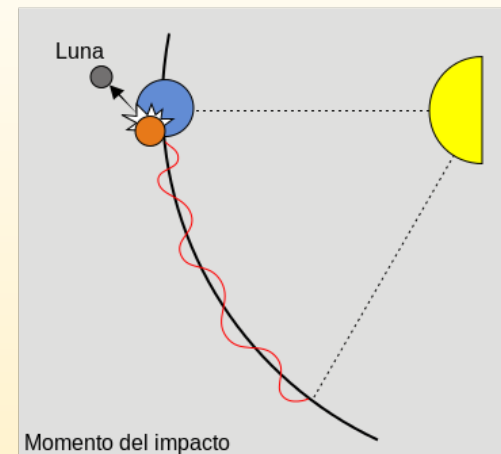
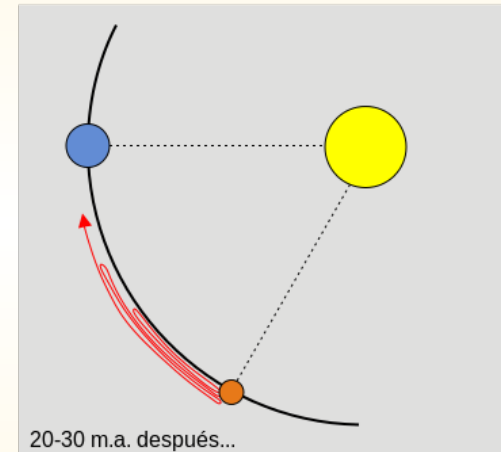
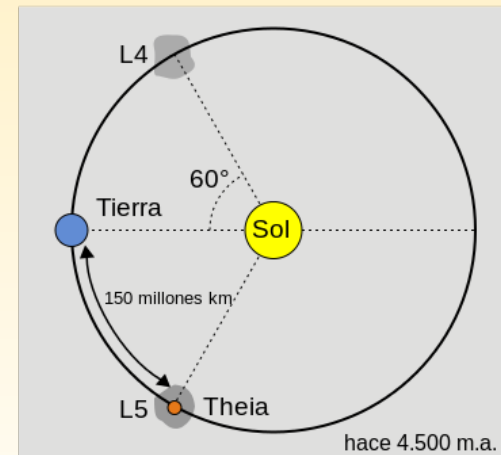
Por eso existe la teoría de “**Big Splash**” – la teoría que un planetesimal grande ha colisionado con la Tierra joven

Teoría del gran impacto

La hipótesis del impacto gigante propone que la Luna fue creada a partir de los restos sobrantes de una colisión entre la joven Tierra y un cuerpo del tamaño de Marte. Esta es la hipótesis a favor científica para la formación de la Luna.

La evidencia de esta hipótesis incluye muestras de la Luna que indican la superficie de la Luna fue fundida una vez, la Luna parece núcleo de hierro relativamente pequeña y una menor densidad que la Tierra, y las pruebas de colisiones similares en otros sistemas estelares (que se traducen en discos de escombros).

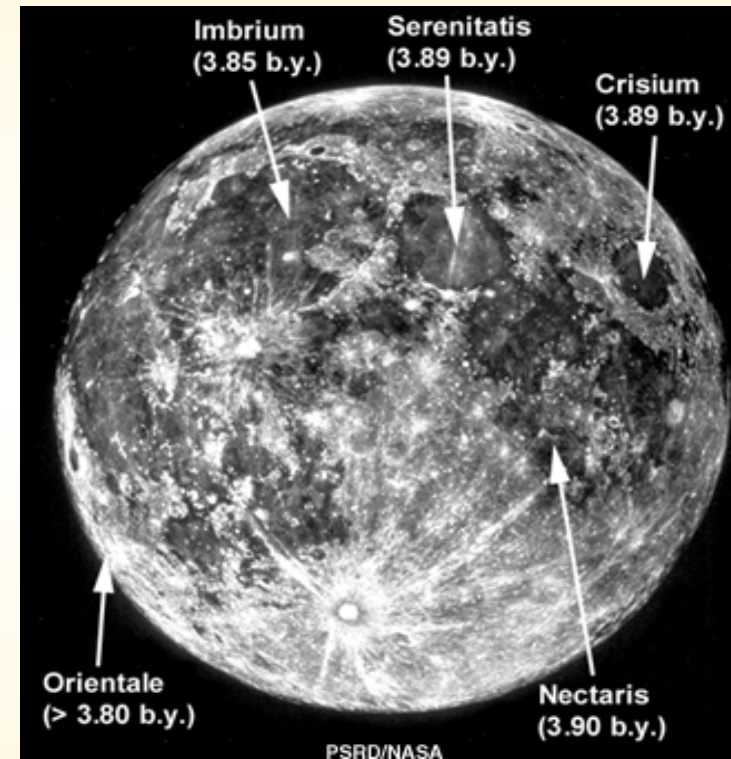
El cuerpo chocando a veces se llama **Theia** para el mítico titán griego que era la madre de Selene, la diosa de la Luna.

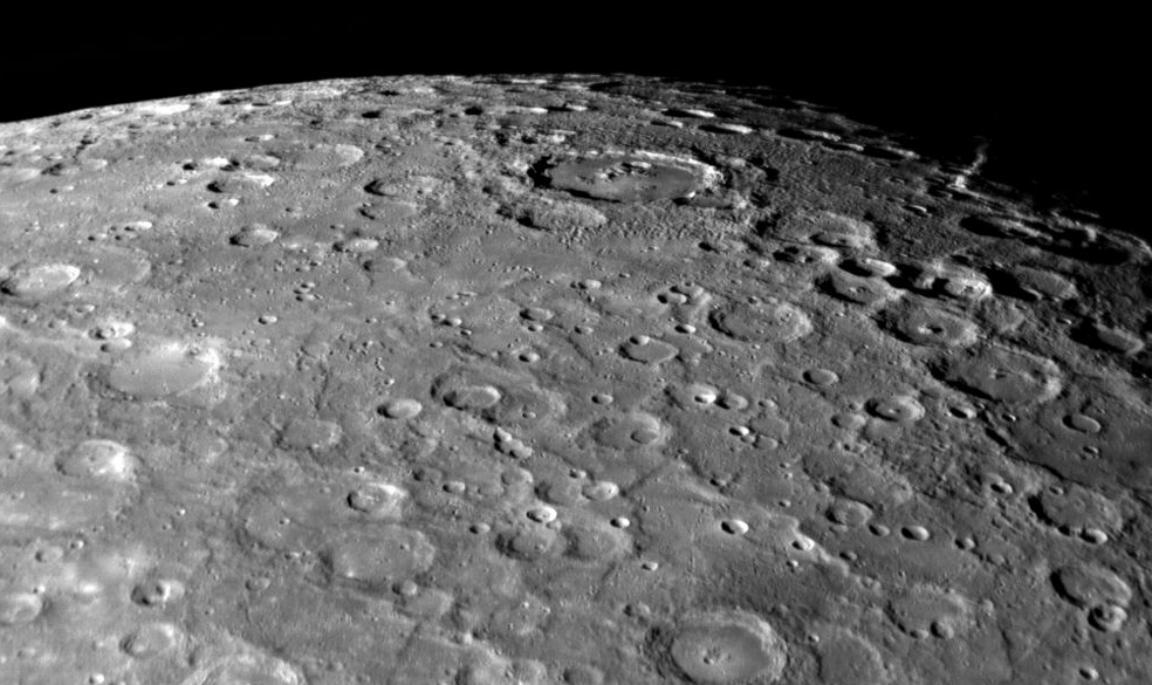


Late Heavy Bombardment (LHB)

Datación de edad de eyecciones de cráteres recogidos por las misiones Apolo muestra una agrupación de las edades alrededor de 3.9-3.8 Gyr.

A esto uno se refiere a menudo como “cataclismo lunar”: evidencia de **un último gran bombardeo** del Sistema Solar interior.

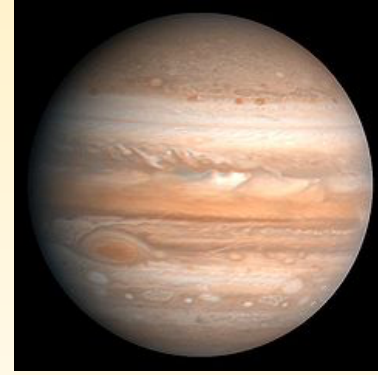




Si tomamos los datos de LHB como verdad - ¿ Qué podría haber causado un aumento significativo en la formación de cráteres

4 mil millones años anteriormente - unos 500 millones de años después de la formación del sistema solar?

Júpiter

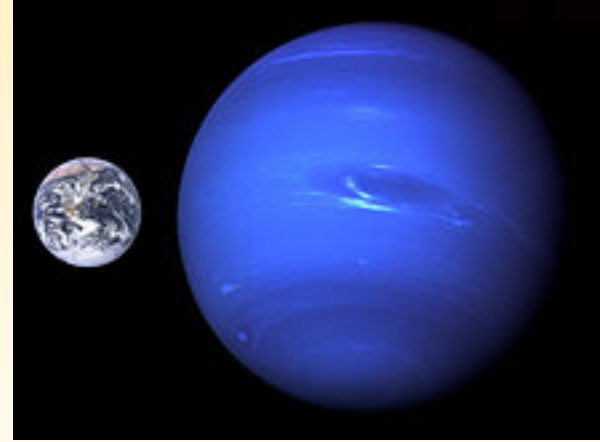


Voyager 1 ha medido que Júpiter tiene un núcleo con una masa de 10-20 masas terrestres. (1979)

Sin embargo, la sonda Galileo realizó nuevas mediciones del núcleo de lo que sugiere que Júpiter tiene ningun núcleo. (1989)

Júpiter necesita un núcleo de más de 10 masas terrestres para acumular suficiente gas en menos de 10 millones de años, la vida de un disco proto-planetario.

El misterio de Neptuno

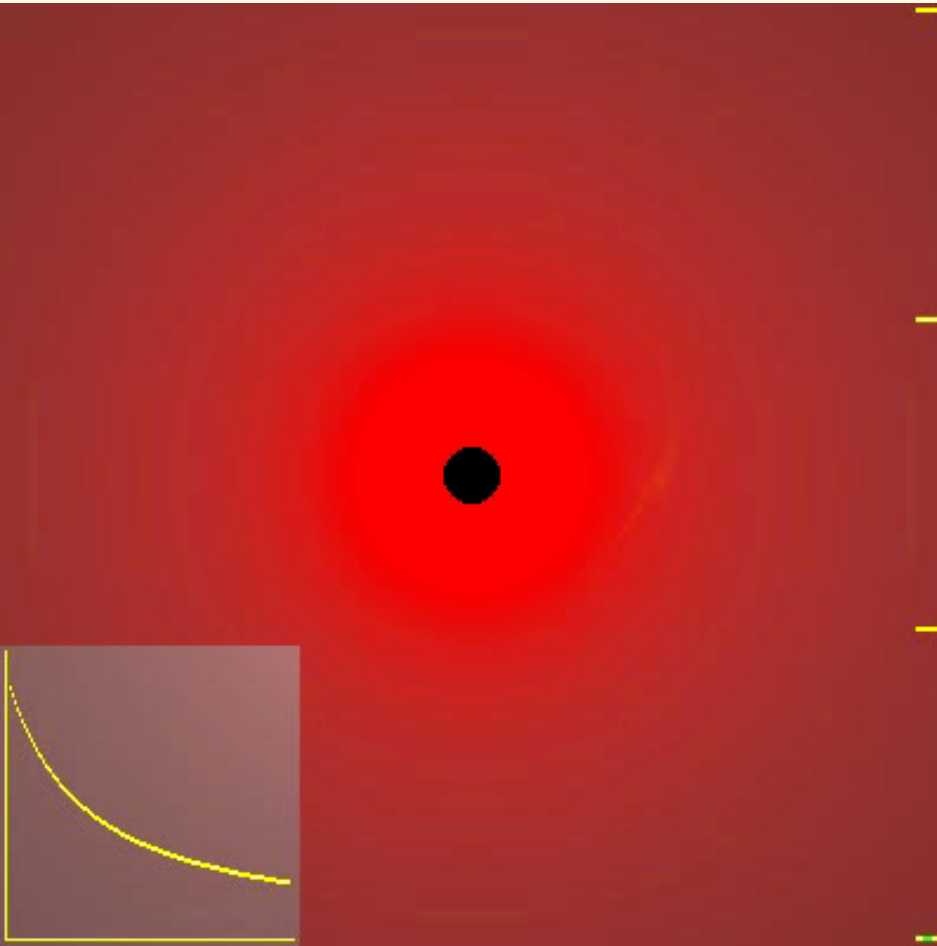


Ha sido siempre un misterio por qué se localiza Neptuno donde está.

Para obtener un planeta de 17 masas terrestres (principalmente de elementos pesados) a una distancia de 30 UA, sugiere que este material debe haber estado inicialmente en un anillo, de 7 UA de ancho.

¿Hay soluciones?

Modelo de inestabilidad del disco



Este modelo puede producir planetas similares a Júpiter en unos 1000 años.

No necesitan un núcleo.

Ocurre naturalmente en discos grandes.

El gigante de gas está migrando hacia el centro.

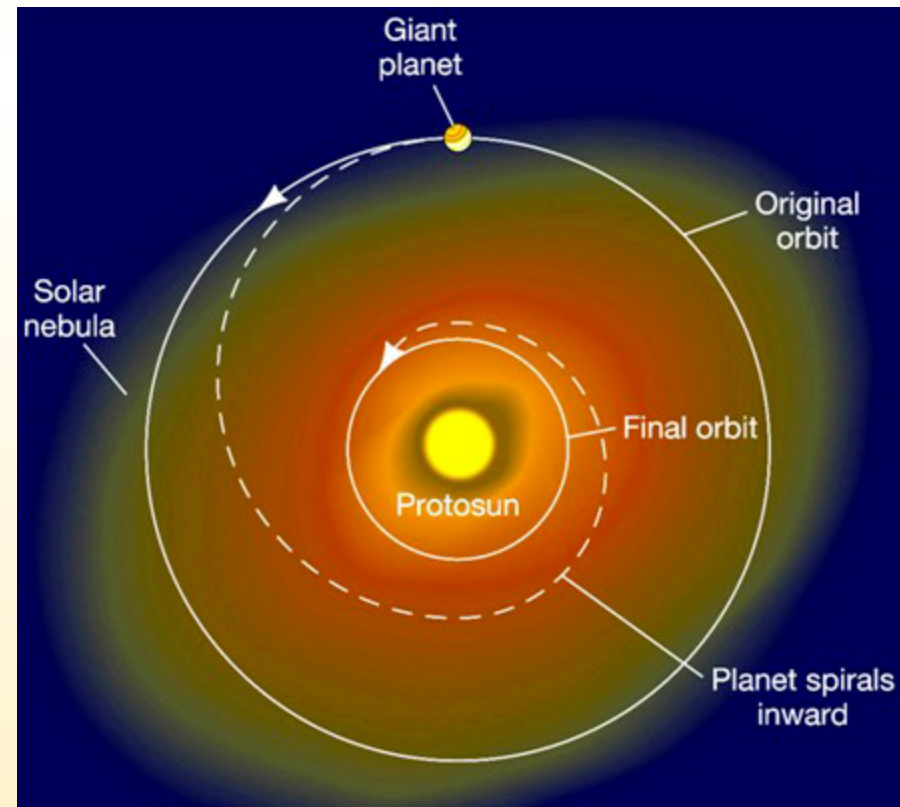
➔ **Migración planetaria**

Wandering giants (gigantes migradores)

Ahora se piensa que el misterio de la distancia de Neptuno del Sol y de LHB tienen el mismo origen:

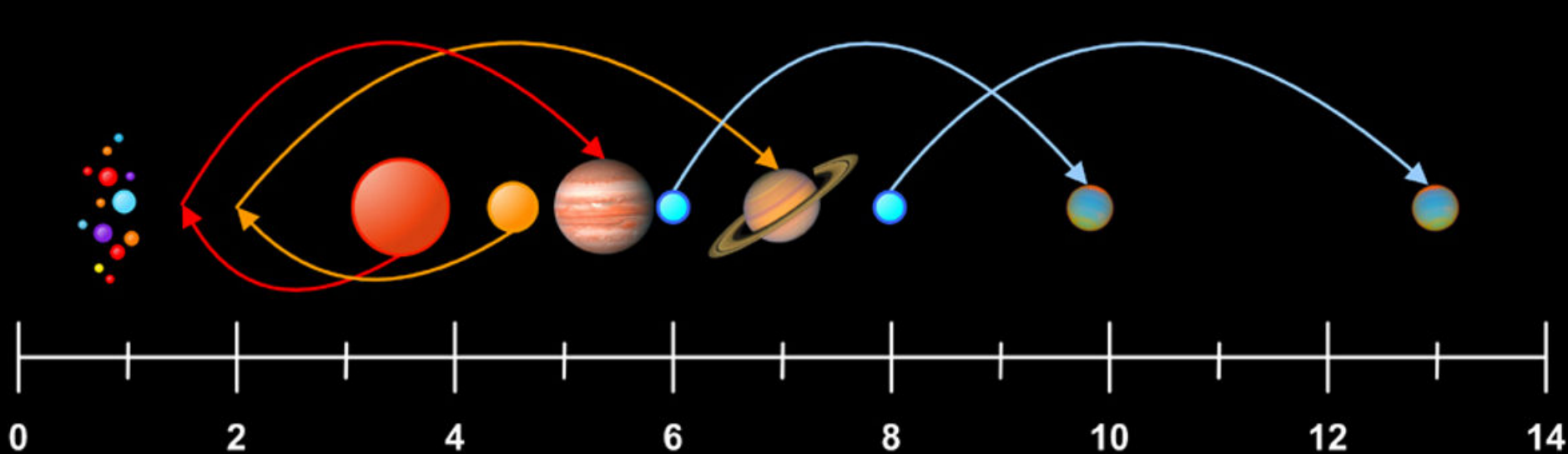
Neptuno y Urano se formaron más cerca del Sol de lo que están ahora, y en la migración hacia el exterior a su posición actual dispersaron objetos en el sistema solar interior causando el LHB.

Cuando se formaron el planeta Neptuno estuvo más cerca del Sol que Urano.



La teoría es que todos los planetas gigantes se formaron dentro 15 UA.

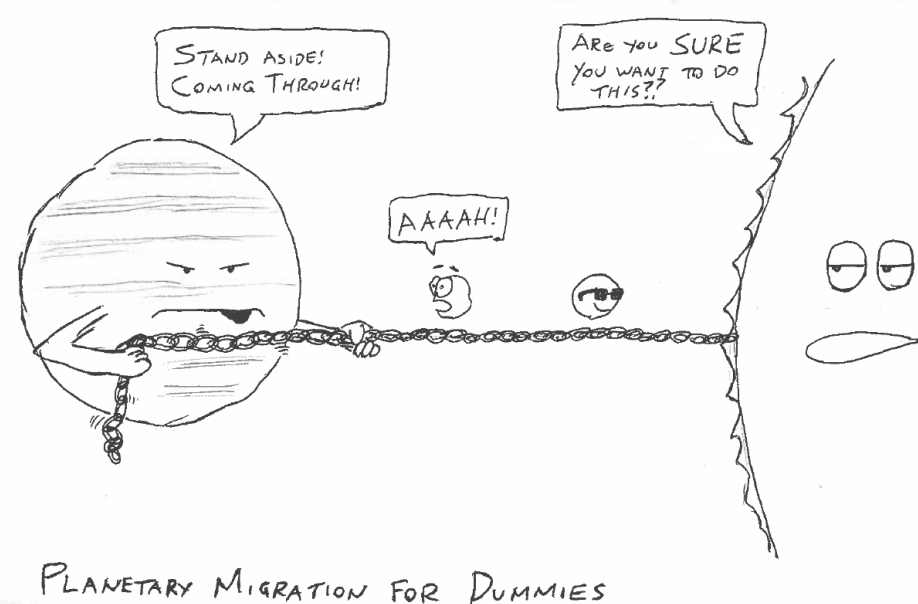
Más cerca estuvo un Cinturón de Kuiper joven que contiene planetesimales con una masa total de 30-40 masas terrestres y que se extendía a unos 15 UA.



The Grand Tack. Migration of the four giant planets through the Solar nebula over a period of 600,000 years. Distance is marked in astronomical units (AU). The narrow belt of planetesimals at 1 AU (the present orbit of Earth) later coalesced into the four terrestrial planets.

Los planetas gigantes interactúan con los planetesimales en este "cinturón de Kuiper" lo que provoca que sus órbitas cambian.

Cada encuentro con un planetesimal provoca un intercambio de energía – altera mucho la órbita del planetesimal, pero también cambia la órbita del planeta un poco.

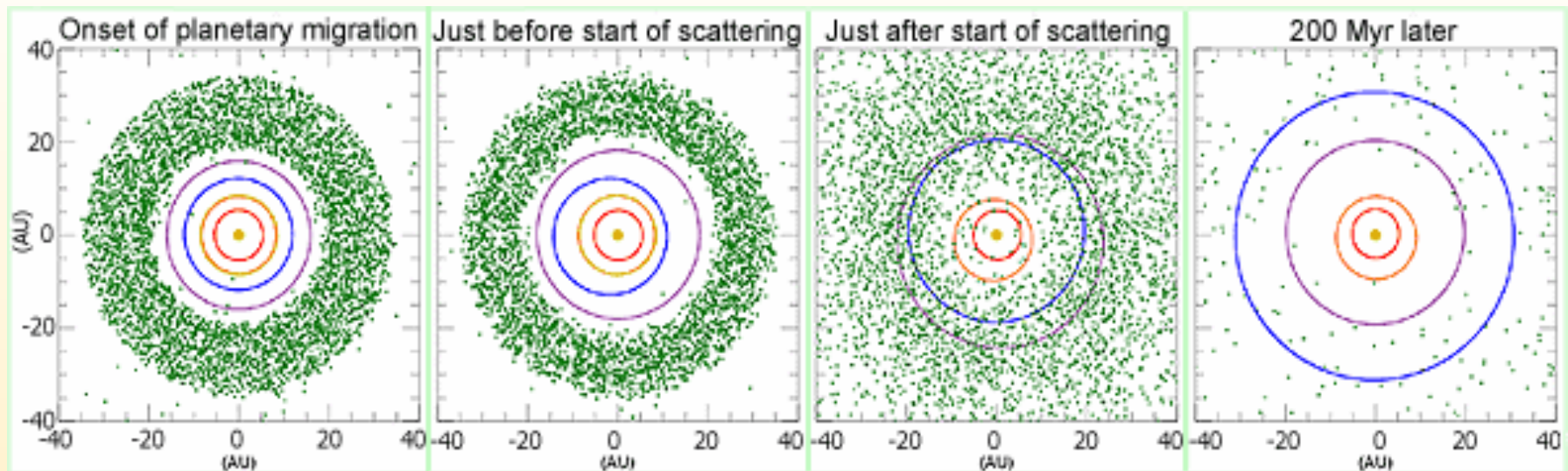


Como resultado de esta migración, Júpiter se movió ligeramente hacia el interior, y Saturno, Neptuno y Urano se trasladaron hacia afuera.

Como Saturno migró hacia el exterior, con el tiempo llegó a una resonancia 2:1 con Júpiter.

Esta resonancia entre los dos planetas más grandes aumentó las órbitas de Neptuno y Urano (Neptuno tanto más cuanto que estaba más cercano a Saturno).

Esto provocó la dispersión de los planetesimales en el disco exterior que es la causa del LHB.

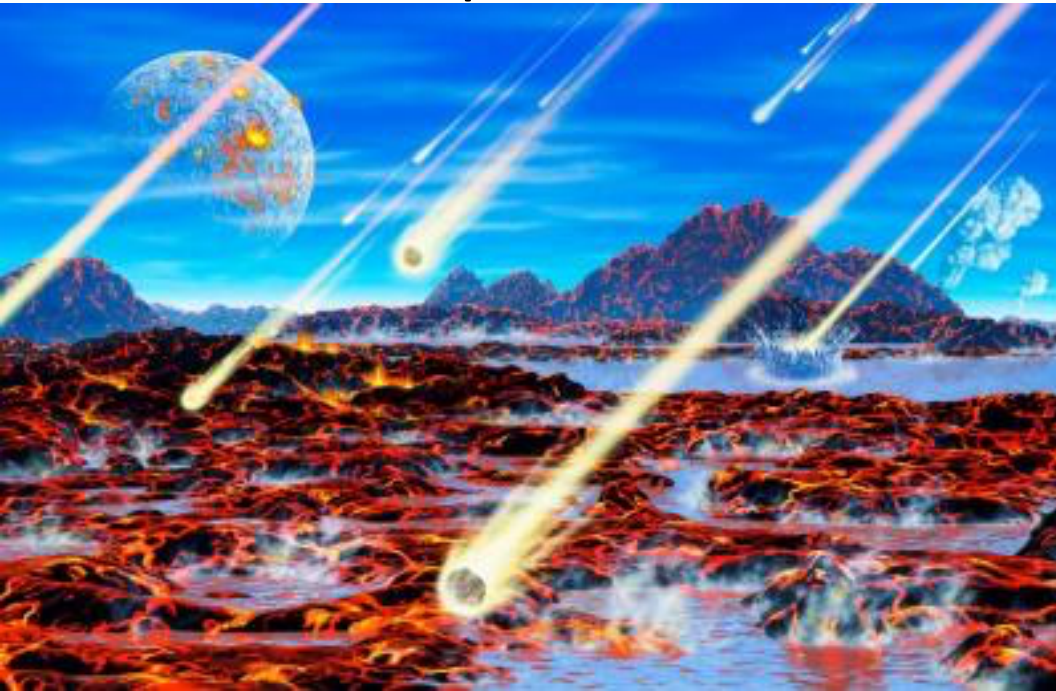


(From Gomes, *et al.*, 2005, *Nature*, v. 435, p. 466-469.)

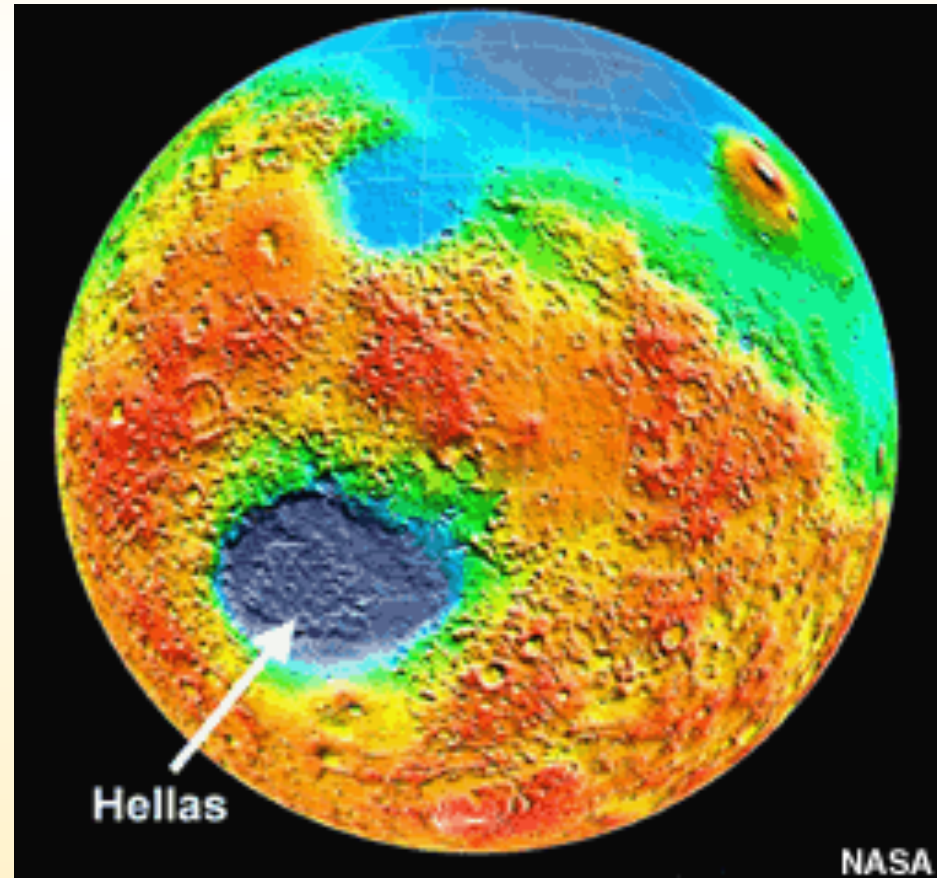
Esto explicaría la entrega de volátiles en el Sistema Solar interior y por qué la relación de D-H de los océanos de la Tierra no coincide con la de los cometas del Cinturón de Kuiper.

El Cinturón de Kuiper actual está formado en el sistema solar exterior.

Pero el original 'Cinturón de Kuiper' contiene cometas que se formaron tan cerca de 15 UA donde la relación D-H sería compatible con la de los océanos de la Tierra.



El LHB podría explicar también el calor y la humedad de Marte joven mediante la entrega de grandes cantidades de compuestos volátiles a Marte y, posiblemente, la destrucción de gran parte de la evidencia de la tectónica y el campo magnético en los primeros tiempos.



Muchas preguntas

Una pregunta interesante es - ¿ sin el LHB no habría vida, o vida inteligente en la Tierra ?

¿ Fue el LHB responsable de la entrega de la mayor parte de los volátiles a la Tierra ? ¿ Sin esto seríamos secos ?

La migración de los gigantes ha eliminado la mayoría de los planetesimales del Sistema Solar exterior. ¿ Sin esto tendríamos muchos más impactos de cometas resultando en extinciones de vida en masa más frecuentemente ?

En el futuro...

Cualquier sistema gravitacional con más de dos cuerpos es caótico – esto significa que es extremadamente sensible a las condiciones iniciales y pueden exhibir comportamientos aparentemente aleatorios (es decir, no predecibles).

Un ejemplo es la inclinación del eje de rotación de Marte, que puede variar entre 10 y 50 grados en períodos tan cortos como 10 millones de años debido al efecto conjunto de las fuerzas gravitacionales de los planetas gigantes.

Esto no sucede a la Tierra, dado que nuestra luna grande actúa para estabilizar nuestra inclinación axial.

El resultado del caos en la dinámica del Sistema Solar es que es imposible predecir las posiciones de los planetas más allá de entre 2 y 230 millones de años en el futuro.

La elipticidad de la órbita de Mercurio es caótica y podría aumentar a tal punto que cruzaría la órbita de Venus y sería expulsado del Sistema Solar.

Lo mismo podría suceder a Marte de ponerlo en una órbita de la Tierra - el cruce llevaría a una colisión o eyección.

Sin embargo, el periodo de estos eventos es Gyrs ...

El Sol aumenta su luminosidad en un 10% cada Gyr.

Esto significa que la zona habitable - la región alrededor del Sol que puede soportar el agua líquida en un planeta como la Tierra está constantemente trasladándose más lejos del Sol.

En alrededor de 2-3 Gyr, el Sol será tan caliente que la vida en la Tierra será destruida (al menos en la tierra; podría sobrevivir en las profundidades de los océanos).

A esas alturas, sin embargo, Marte podría ser habitable, ya que se calienta.

El destino final del Sistema Solar es que el Sol se amplíe convirtiéndose en una estrella gigante roja.

Cuando el hidrógeno se agota en el núcleo, la combustión de helio comienza y el Sol se expandirá a un radio de alrededor de 1,2 UA.

Puede tragarse la Tierra o la Tierra puede sobrevivir si es que su órbita se expande debido a la pérdida de la masa del Sol.

En este punto alrededor de 5 Gyr en el futuro, Titán podría llegar a ser habitable...

Unos cientos de miles de años después el Sol se convertirá en una nebulosa planetaria antes de terminar su vida como una enana blanca enfriándose lentamente...

