

Sistemas planetarios: Evolución y desarrollo

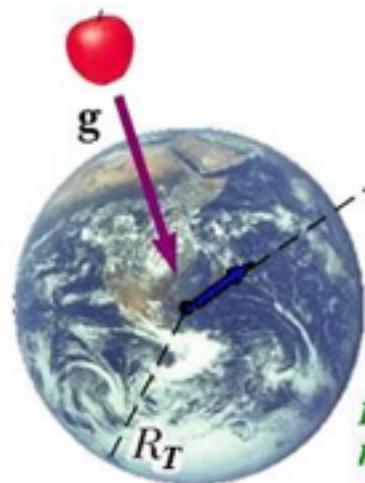


Nicolás Marchena

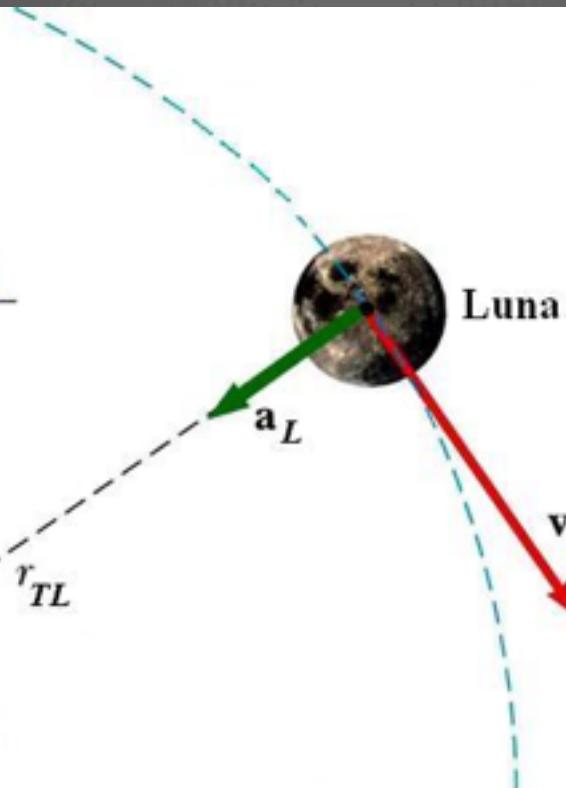
Conceptos básicos:

Ley de Gravitación
Universal de Newton

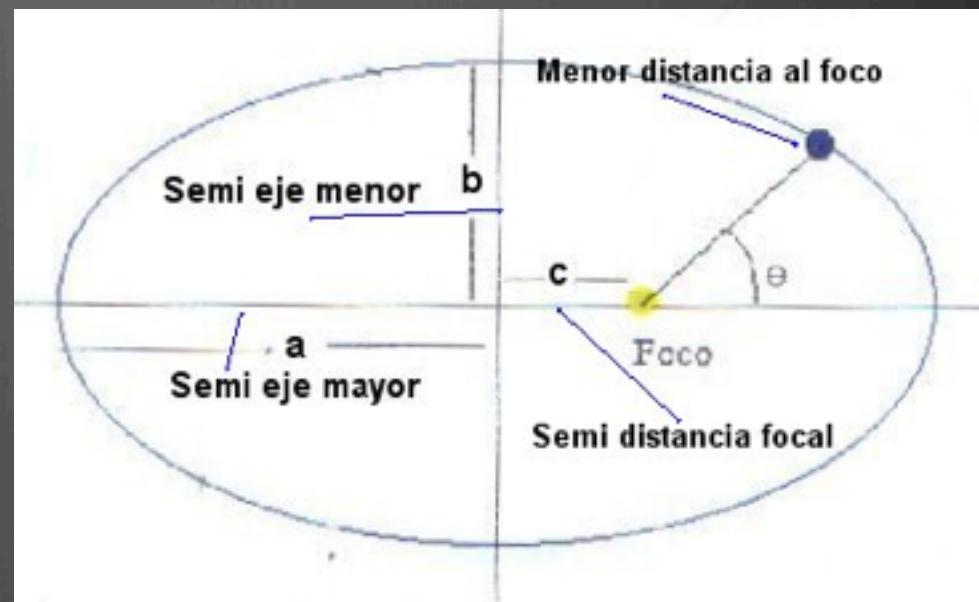
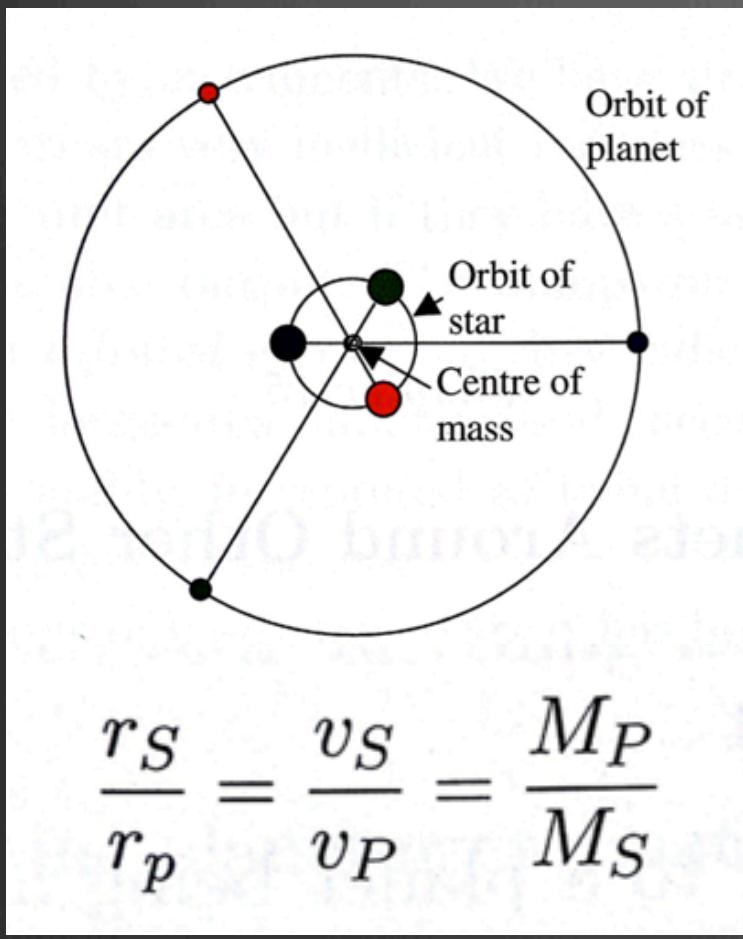
$$F_G = \frac{G m_T m_L}{r_{TL}^2}$$



El campo gravitacional de la Tierra causa la aceleración a_L en la Luna y g en la manzana.



Mecánica celeste Leyes de Kepler

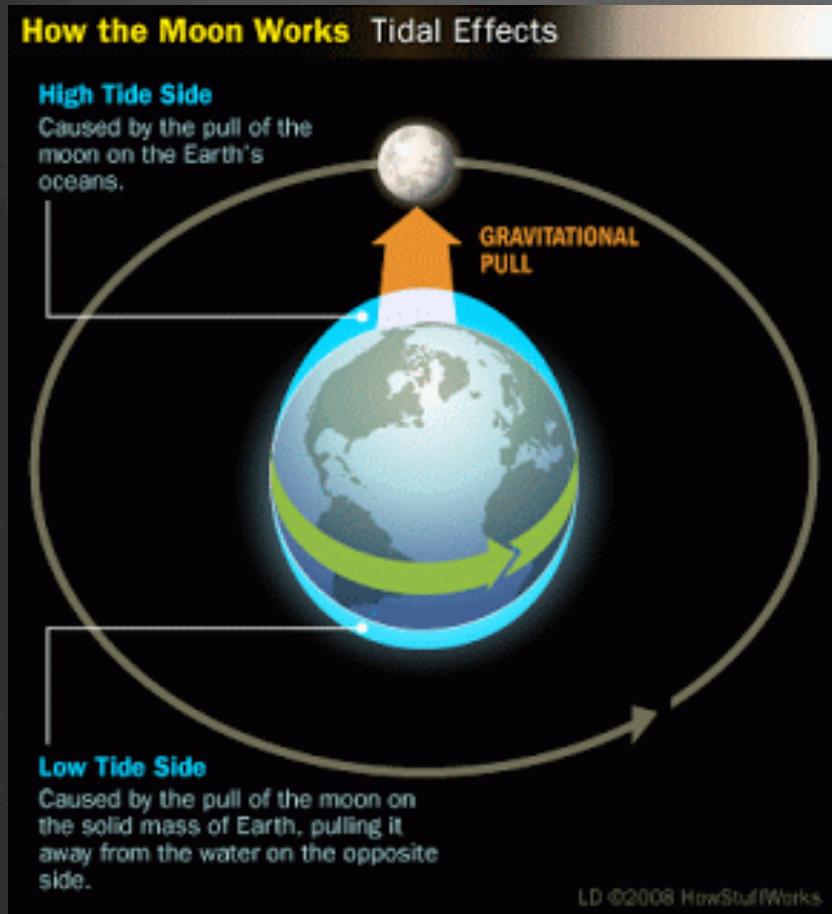


$$\frac{r_S}{r_p} = \frac{v_S}{v_P} = \frac{M_P}{M_S}$$

$$p = m \cdot v$$

$$K = \frac{T^2}{r^3}$$

Fuerzas de marea



- ✧ Modificación orbital.
- ✧ Rotación sincrónica
- ✧ Variación atmosférica

Potencial gravitacional.

$$\phi(x, y, z) = \frac{GMm}{r}$$

Energía

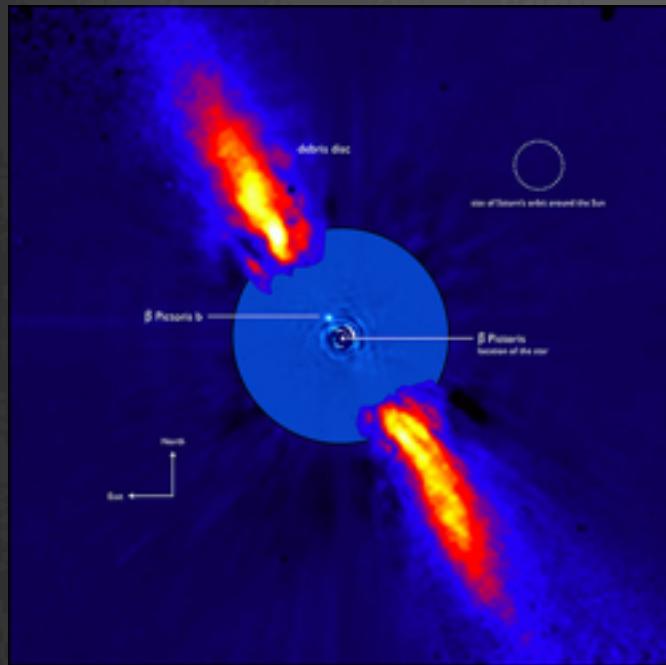
$$V(\mathbf{r}) = -\frac{Gm}{r} + \frac{G(B-A)}{r^3} P_2(\hat{\mathbf{r}} \cdot \mathbf{J}) + \frac{G(C-A)}{r^3} P_2(\hat{\mathbf{r}} \cdot \mathbf{K})$$

Energía por unidad de masa

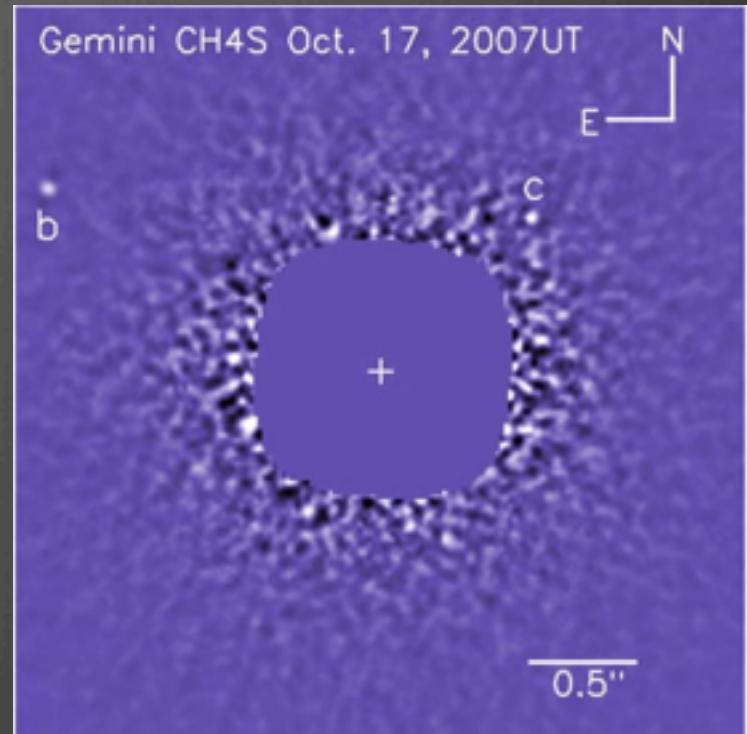
Motivación: Exoplanetas

Discos de polvo
estelares.

Sistemas
planetarios.



Beta pictoris (1984) ESO



Modelo de acreción del núcleo

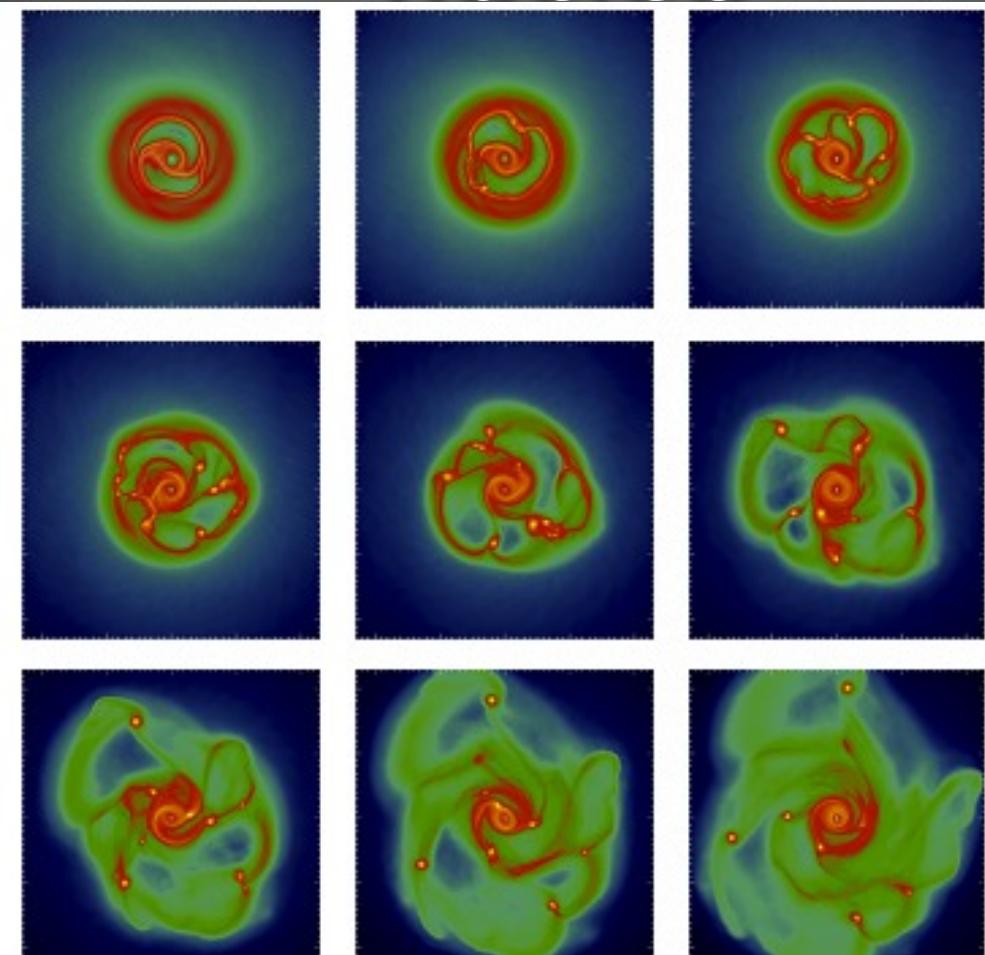


Figure 1. The evolution of the gas surface density profile in the simulation for several snapshots, starting from time $t = 2320$ years (upper left) to $t = 3380$ years (lower right panel). The box size is 480 AU on a side, and the colors indicate surface density from 0.05 g cm^{-3} (black) to the yellow, $\Sigma = 2 \times 10^4$ g cm^{-3} . Note the radial migration and disruption of several clumps some ~ 30 AU from the star.

Gigantes de gas.

De polvo a planetesimales

- ⦿ Distancia apta para condensación de materiales pesados (Snow line, 150K).
- ⦿ Rotación diferencial entre sólidos y gases.
- ⦿ Condensación acelerada alrededor del CM.



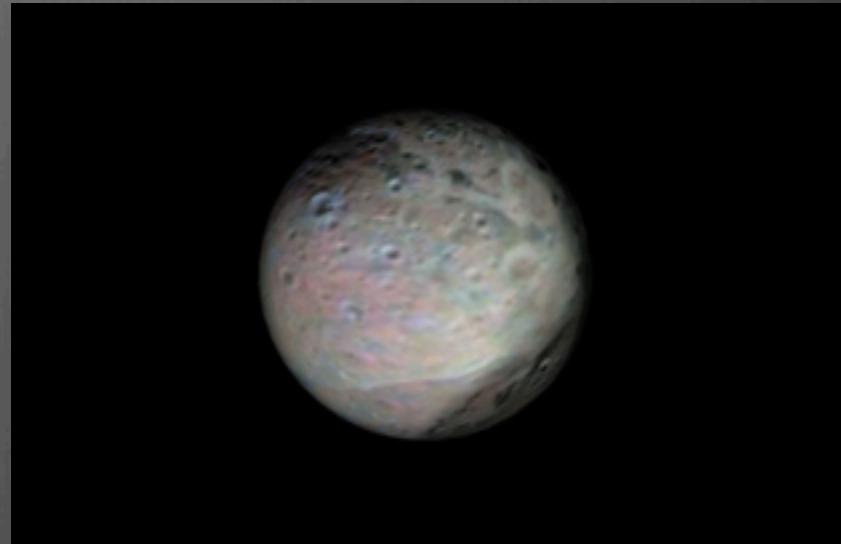
Masa: $\sim 10^{-12} M_t$

De planetesimales a núcleos

✧ Fusión de planetesimales

✧ Formación del embryo
($\sim 1.6 \times 10^{-4} M_t$)

✧ Aislamiento del núcleo
($\sim 11 M_t$, 5.2 AU)



Ceres

$$\frac{dM_s}{dt} = \pi R^2 v_{\text{rel}} \rho_s F_g$$

Safronov, 1969

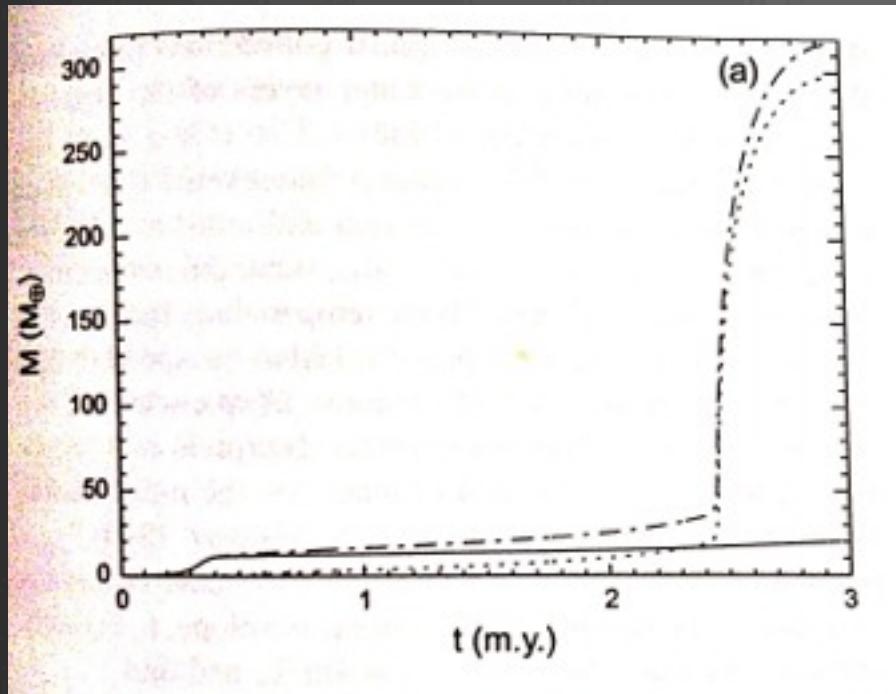
Crecimiento del planetesimal

$$R_H = a \left(\frac{M_s}{3M_\star} \right)^{1/3}$$

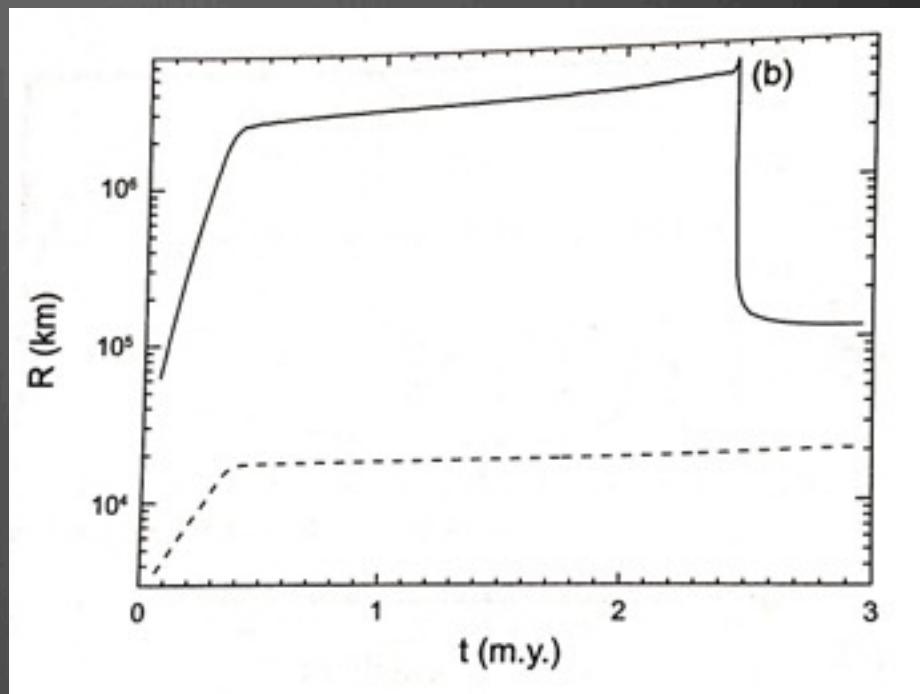
Radio de Hill

Crecimiento térmico controlado de las capas.

Crecimiento de la masa



Crecimiento del Radio

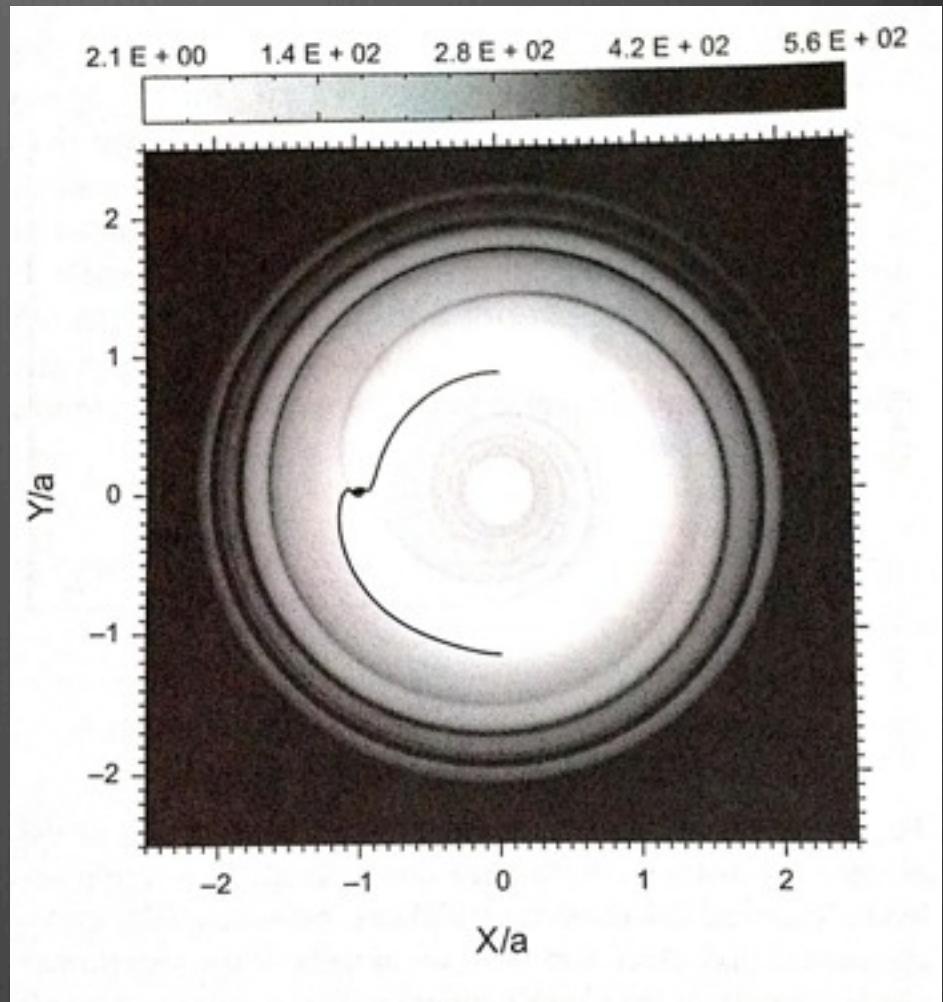


Lissauer et al, 2009

- ✧ Acreción de gas al núcleo. ($V_{\text{esc}} > V_{\text{ter}}$)
- ✧ Compresión interna de las capas de gas.

Masa final

- ✧ Formación del gap.
- ✧ Truncamiento de marea.
- ✧ Temperatura.
- ✧ Viscosidad.
- ✧ Mecanismo de Kelvin-Helmholtz



Seager et al, 2010 (MIT)

Formación de planetas terrestres.



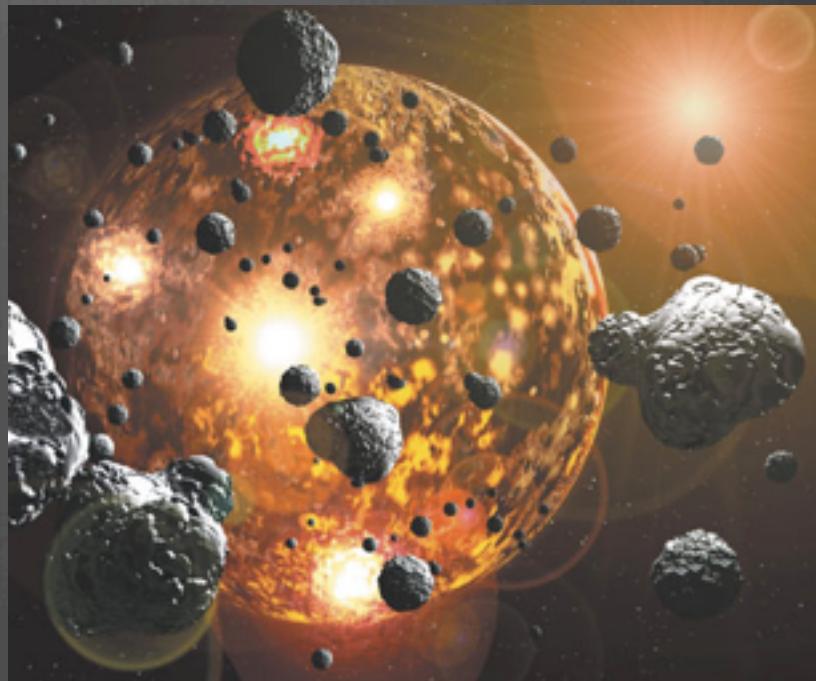
- ✧ Formación de la tierra.
- ✧ Dinámica del polvo.

Formación de la tierra.

Hace 4 mil millones de años a partir de la nebulosa protosolar.

Choque planetesimal: Luna.

Actividad del viento solar.

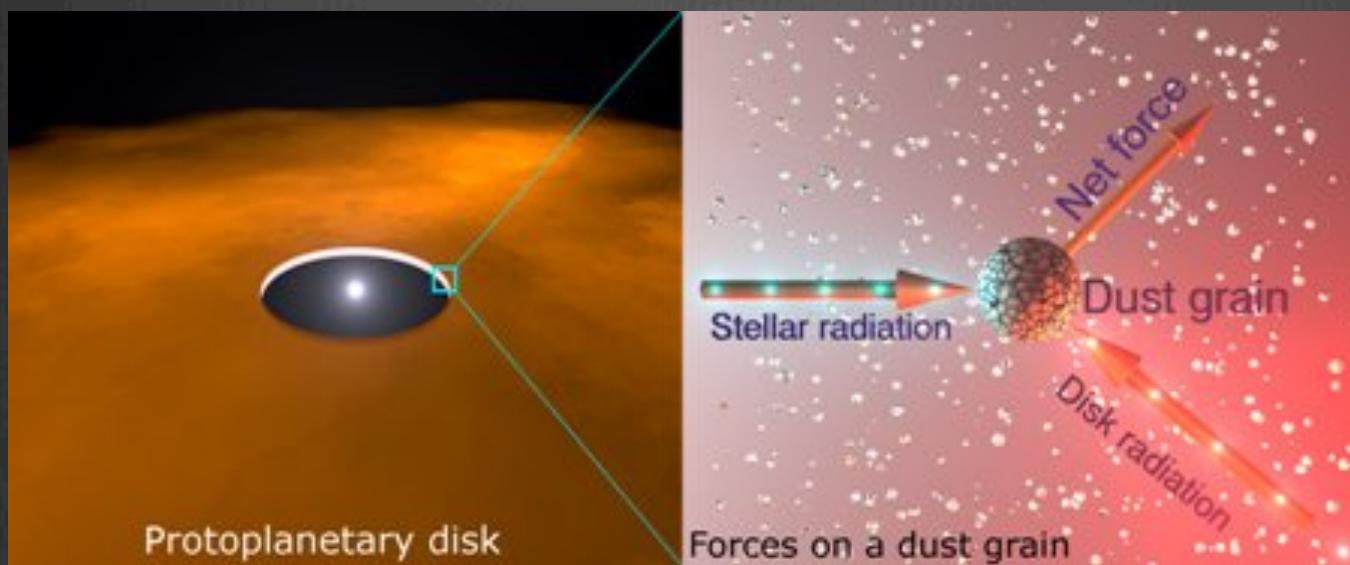


Dinámica del polvo.

- ✧ Magnetohidrodinámica (MHD)
- ✧ Fuerzas de arrastre aerodinámicas.
- ✧ Movimiento browniano.



Eros



Vinkovic, D. 2009 (**Nature**)

Bibliografía

- ⦿ Mundos Lejanos “Sistemas planetarios y vida en el universo ”. Dante Minniti
- ⦿ Exoplanets. Sara Seager.
- ⦿ “The Formation of the Solar system”. Michael Woolfson
- ⦿ <http://www.universetoday.com/38118/how-was-the-solar-system-formed/>
- ⦿ http://astrobiology.arc.nasa.gov/workshops/1996/astrobiology/speakers/cassen/cassen_abstract.html