

Los orígenes del Sistema Solar

Sistema Solar

Las propiedades dinámicas de los planetas también proporcionan pistas útiles sobre su origen.

- Tiene una estrella, ocho planetas, cinco planetas enanos, al menos 290 lunas, más de 1.3 millones de asteroides y alrededor de 3,900 cometas.
- Los ocho planetas son casi coplanares (con inclinaciones relativas $< 10^\circ$).
- Todos excepto Mercurio tienen excentricidades pequeñas (< 0.1).
- Seis de los ocho planetas giran en la dirección progradada (respecto a sus órbitas); Venus tiene una rotación retrógrada, mientras que el eje de rotación de Urano está inclinado 98° respecto al de su órbita.
- La casi perfecta coplanaridad de los planetas del Sistema Solar sugiere fuertemente una formación a partir de un único disco rotatorio.



Sistema Solar

Las propiedades dinámicas de los planetas también proporcionan pistas útiles sobre su origen.

Gigantes gaseosos (Júpiter y Saturno):

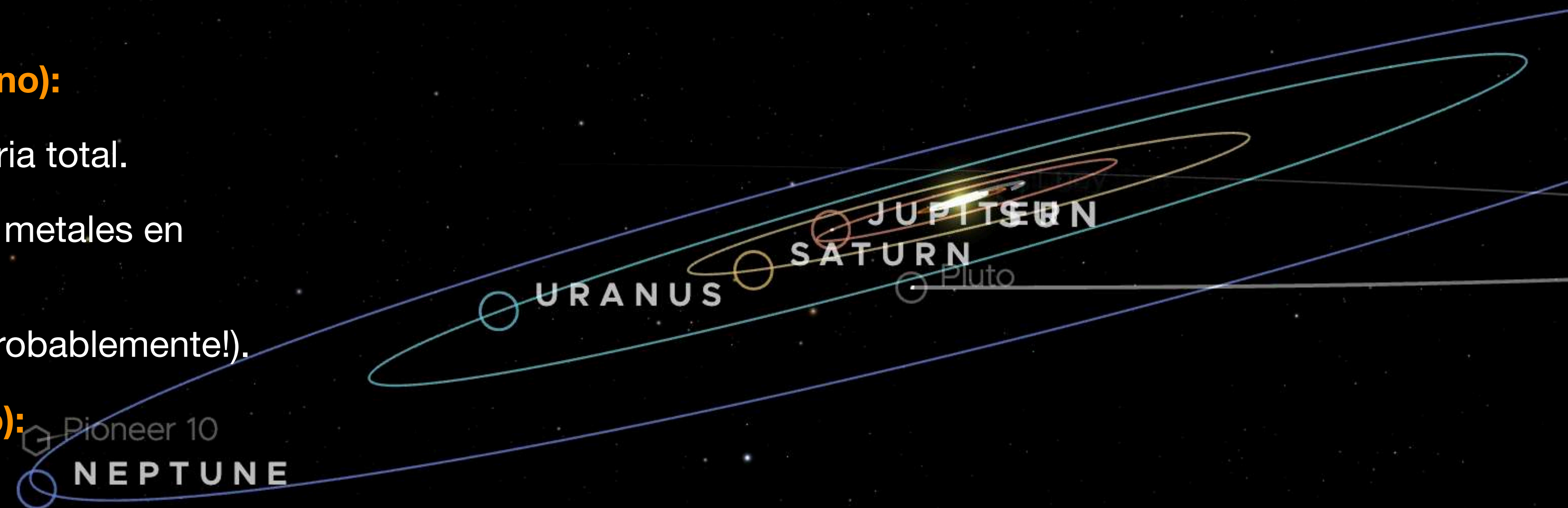
- Masivos: >90% de la masa planetaria total.
- Principalmente H/He, pero ricos en metales en comparación con el Sol.
- Núcleos sólidos de ~10 M_{Earth} (probablemente!).

Gigantes de hielo (Urano y Neptuno):

- H₂O, NH₃, CH₄, etc.
- Núcleos sólidos de ~1 M_{Earth}.

Planetas terrestres (Mercurio, Venus, Tierra, Marte).

Cuerpos menores: "planetas enanos", lunas, asteroides, cometas, cinturón de Kuiper, nube de Oort.



Sistema Solar

- Más del 99% de la masa total reside en el Sol.
- Más del 99% del momento angular total reside en los planetas (principalmente en Júpiter).
- Los planetas son muy ricos en metales en comparación con el Sol (aunque la mayoría de los elementos pesados están en el Sol).
- La datación radiactiva encuentra una edad de **4.57 Gyr**.



Circón, que encapsula uranio en su estructura cristalina pero no plomo, lo que significa que cualquier plomo presente en la muestra debe haberse formado por decaimiento radiactivo del uranio. Midiendo las proporciones de uranio a plomo, los científicos pueden calcular cuándo se formó el mineral y, por ende, estimar la edad de la Tierra. Este método ha permitido determinar que la Tierra tiene aproximadamente 4.54 mil millones de años, con un margen de error de menos del 1%.

Entonces?

Los procesos de formación planetaria deben:

- Crecer cuerpos sólidos desde granos del medio interestelar (ISM) a más de M_{Earth} .
- Separar masa de momento angular.
- Separar metales de H/He.



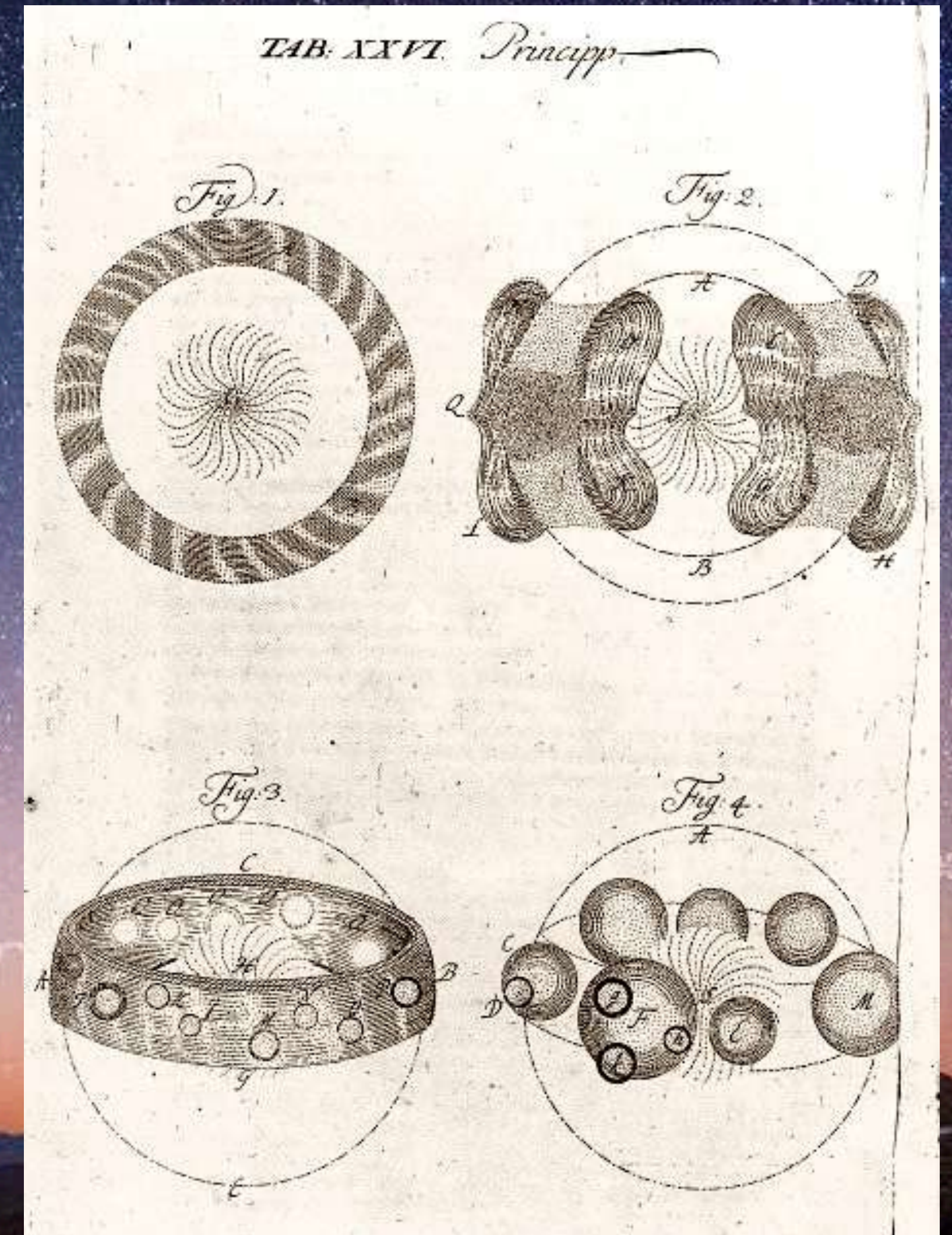
Historia (ciencia occidental)

Hipótesis Nebular: Kant, Herschel and Laplace ~1755 - 1796

- Produce el sol y los planetas en un solo proceso simplificado

Problemas de esta hipótesis: Jupiter

- No entrega ningún detalle del proceso
- Distribución de masa
- Necesita que la estrella contenga la mayor parte del momentum angular del sistema, el cual no es el caso del sistema solar

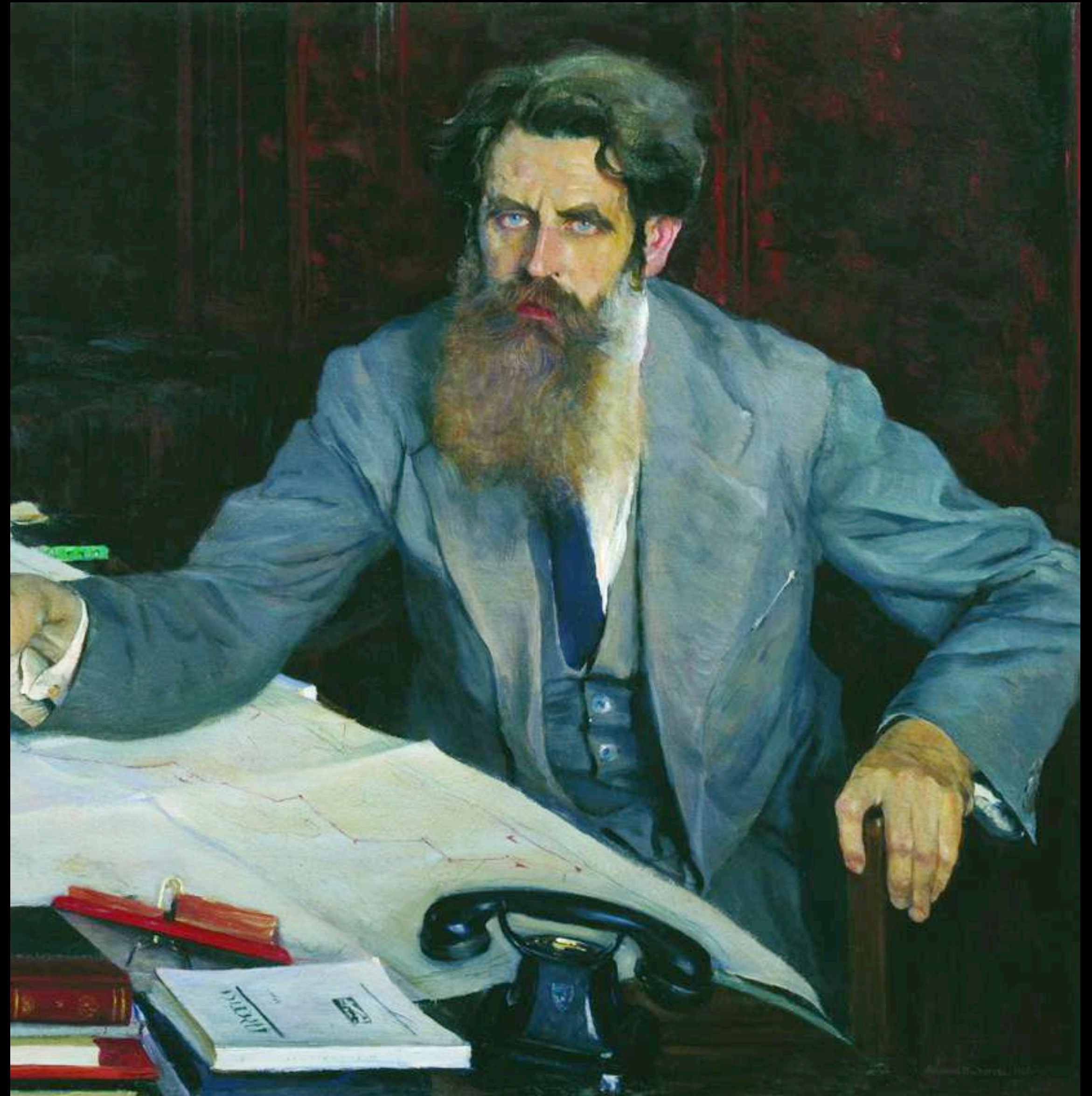


1734: Swedish philosopher Emanuel Swedenborg introduces the "nebular hypothesis."

Historia (occidental/oriental)

El modelo de Acreción de Otto Schmidt (USSR 1944)

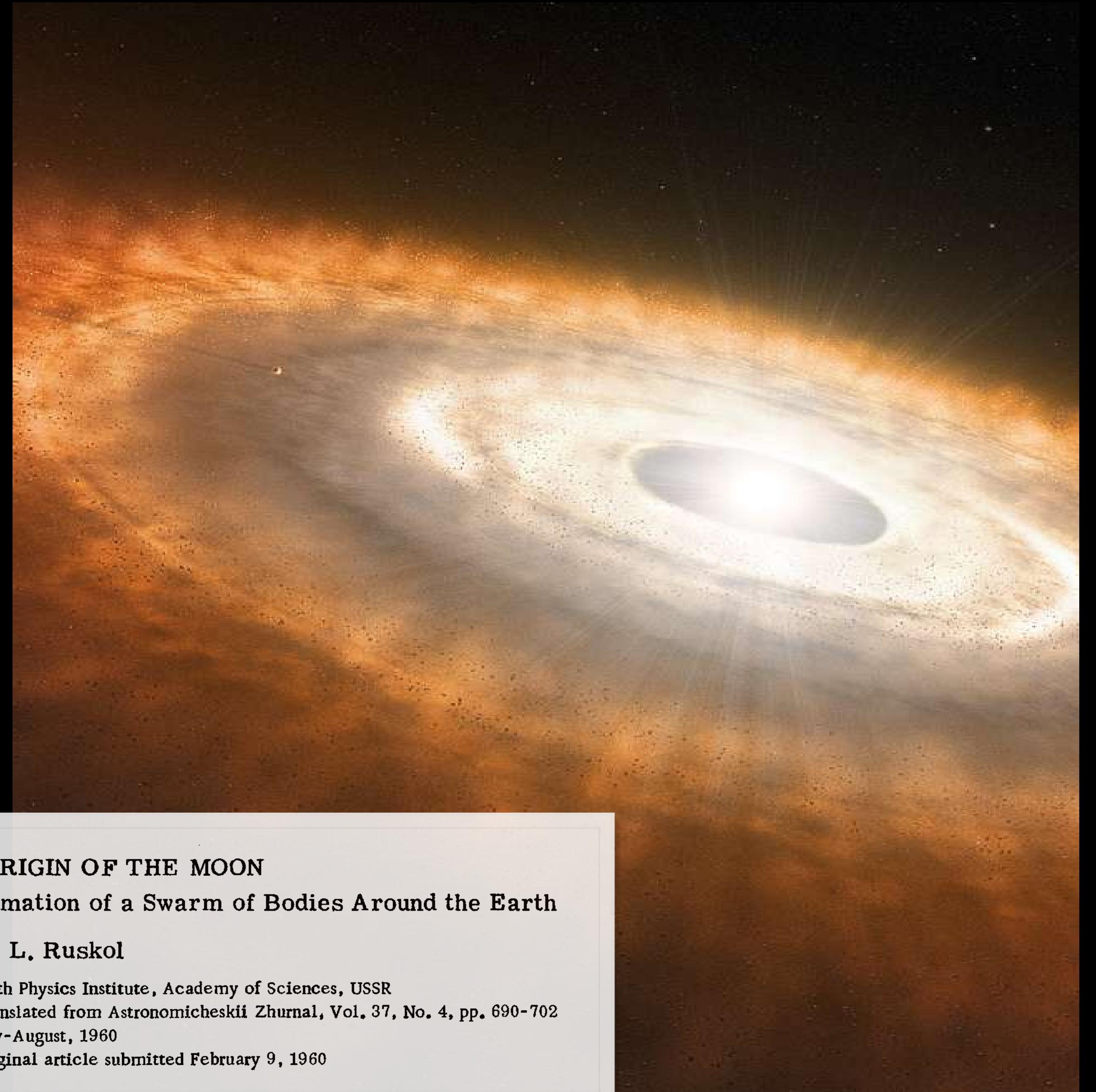
- “a star passing through one of these clouds would acquire a dusty-gas envelope. Schmidt believed from energy considerations that, for two isolated bodies, material from one body could not be captured by the other and so he introduced a third body nearby, another star, to remove some energy.” (Woolfson, 2000)



Historia moderna

Modelo de disco solar

- El comienzo de la teoría moderna de la formación planetaria, i.e. el modelo de disco solar:
- **Victor Safronov** [1969, in english in 1972] book “Evolution of the protoplanetary cloud and formation of the Earth and the planets”
- **Evgenia Ruskol** [1961, 1963, 1972] circumplanetary material and moon formation



THE ORIGIN OF THE MOON

I. Formation of a Swarm of Bodies Around the Earth

E. L. Ruskol

Earth Physics Institute, Academy of Sciences, USSR

Translated from *Astronomicheskii Zhurnal*, Vol. 37, No. 4, pp. 690-702

July-August, 1960

Original article submitted February 9, 1960

Primeras imágenes de discos protoplanetarios

- Bradford Smith and Richard Terrile were following up the IRAS discovery of an IR excess around Beta Pic, and reported in their 1984 Science paper:
- "Our observations were made at the Las Campanas Observatory in Chile on 15 to 18 April 1984, using the du Pont 2.5-m telescope, a CCD camera, and a special optical instrument known as a coronagraph"

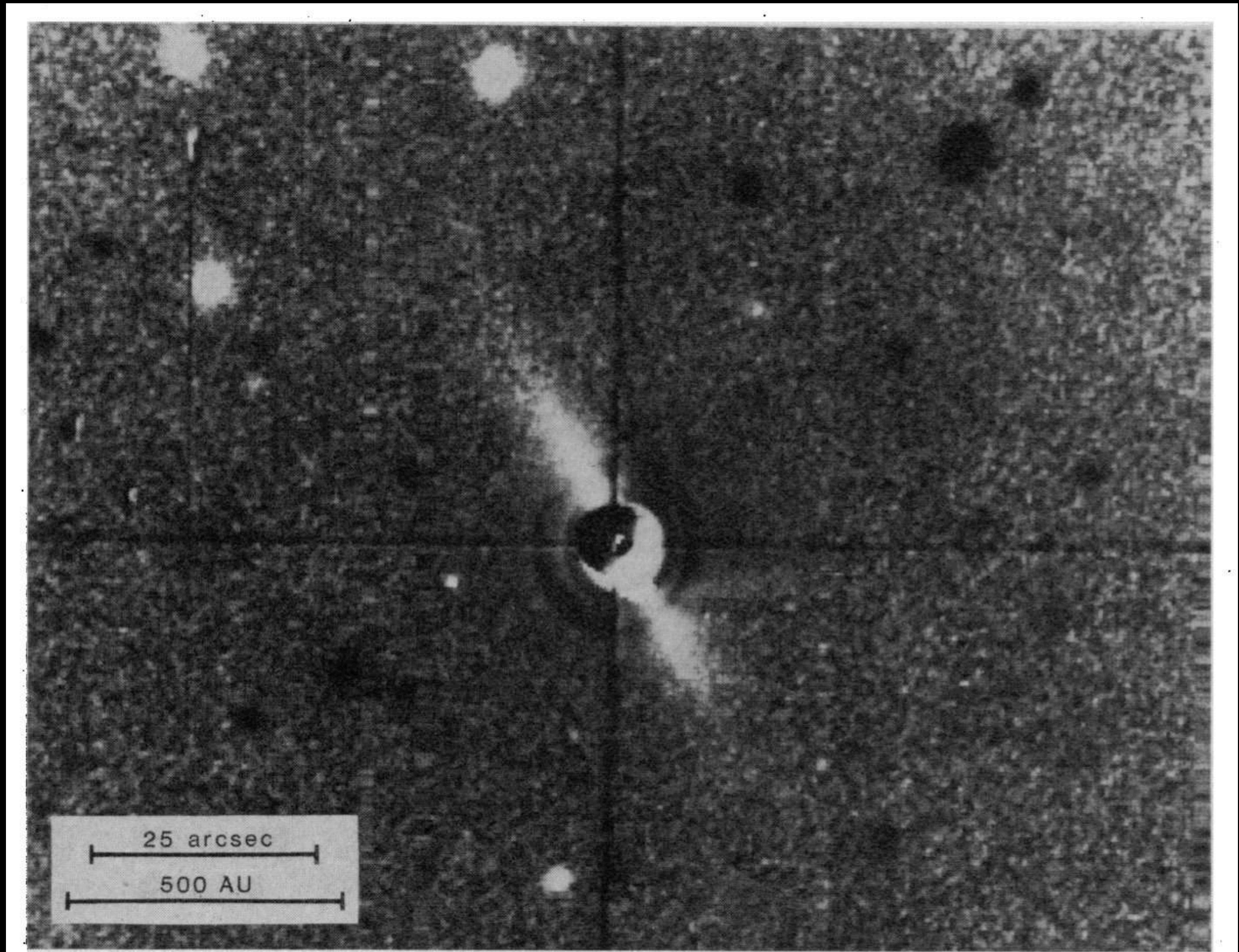
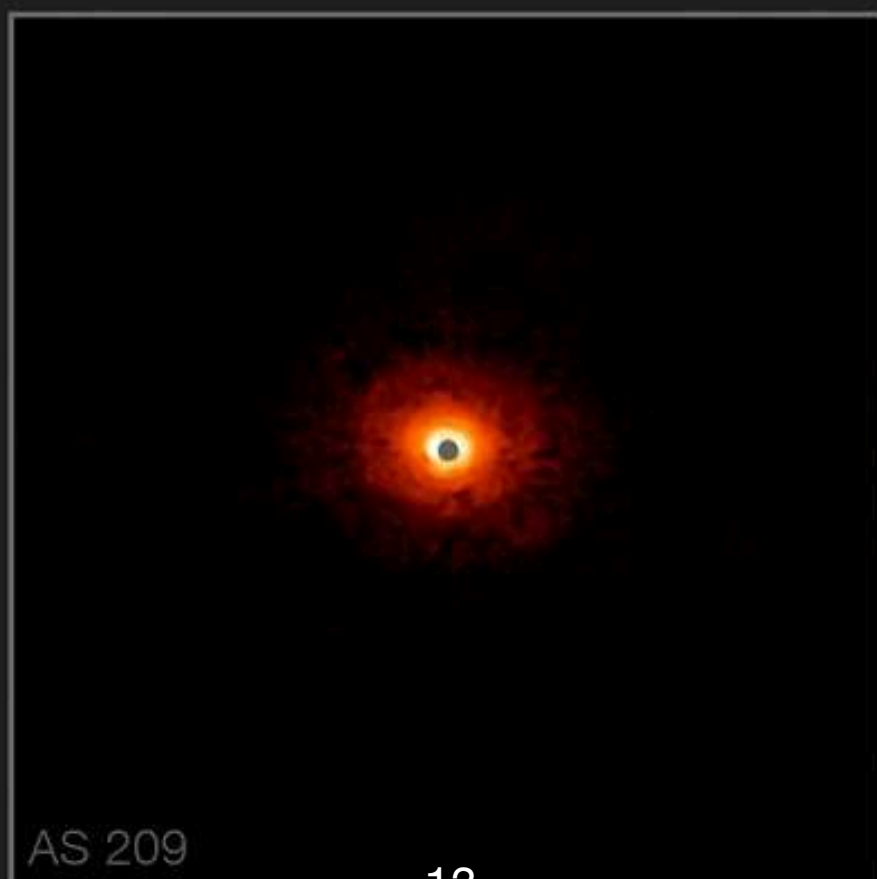
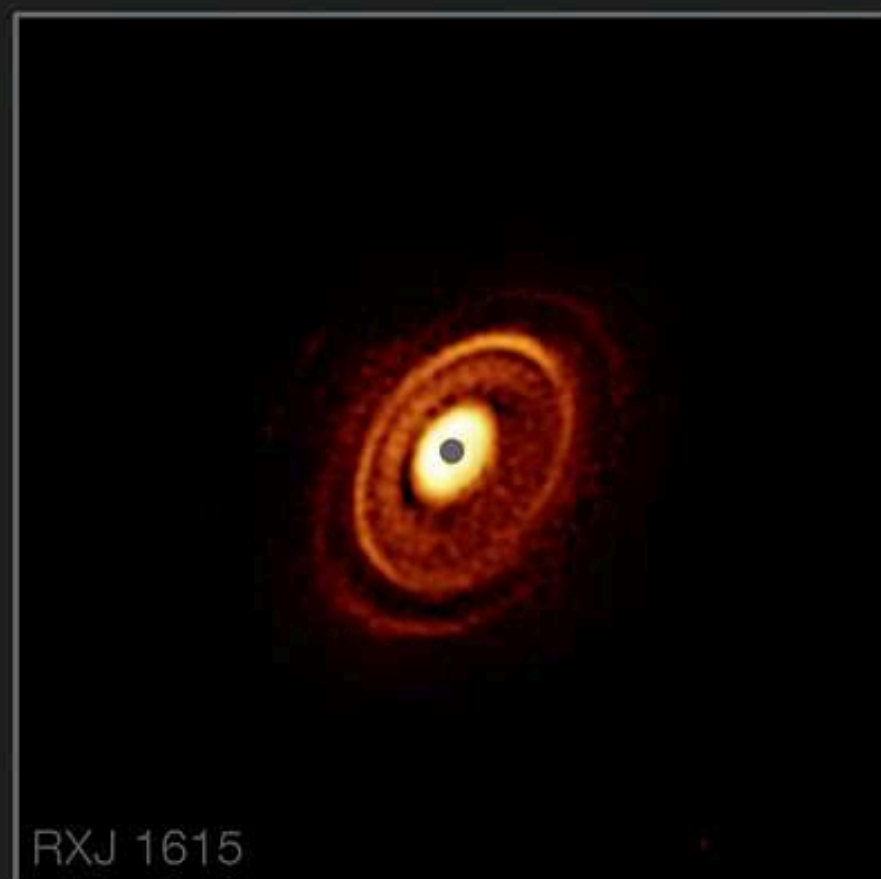
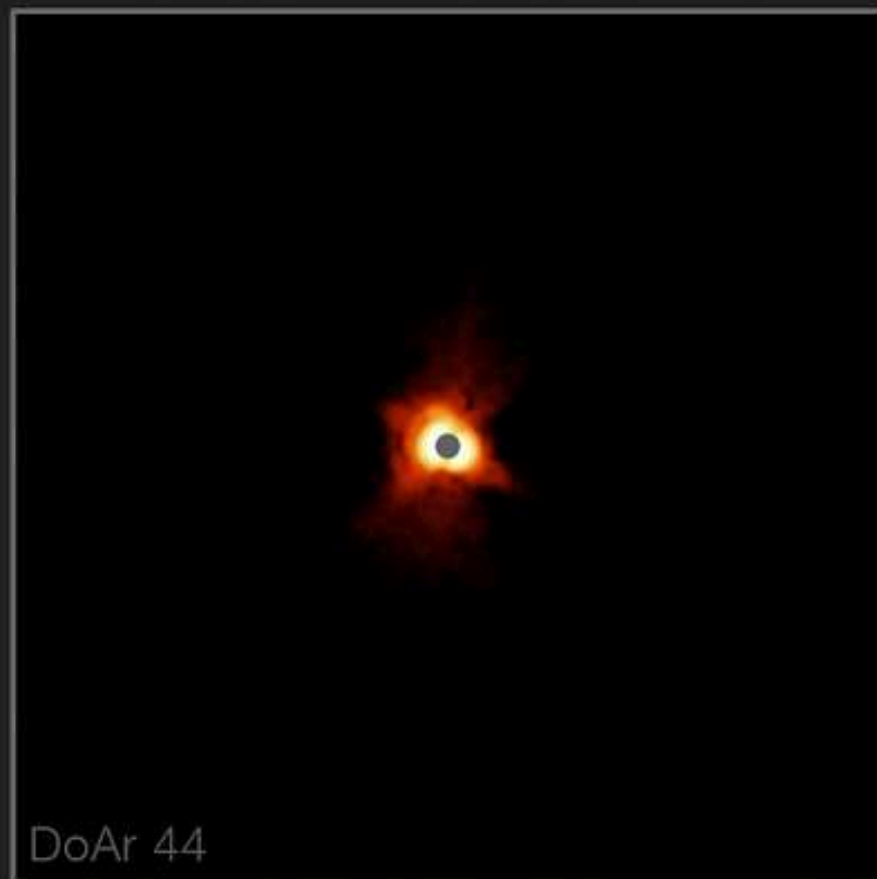
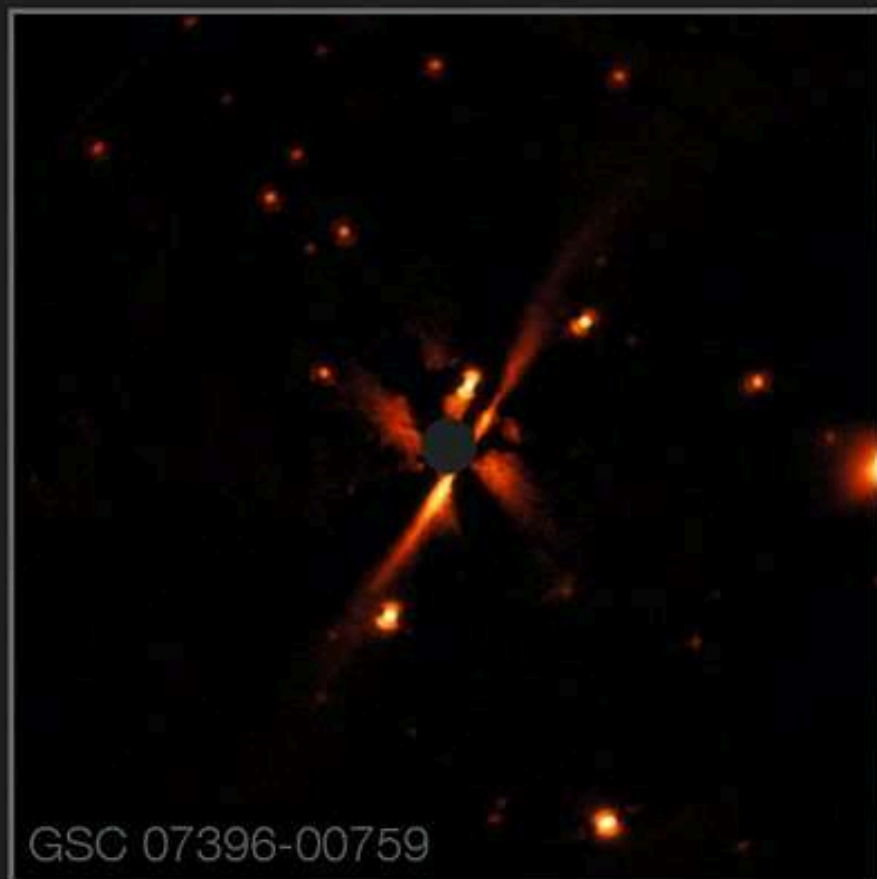
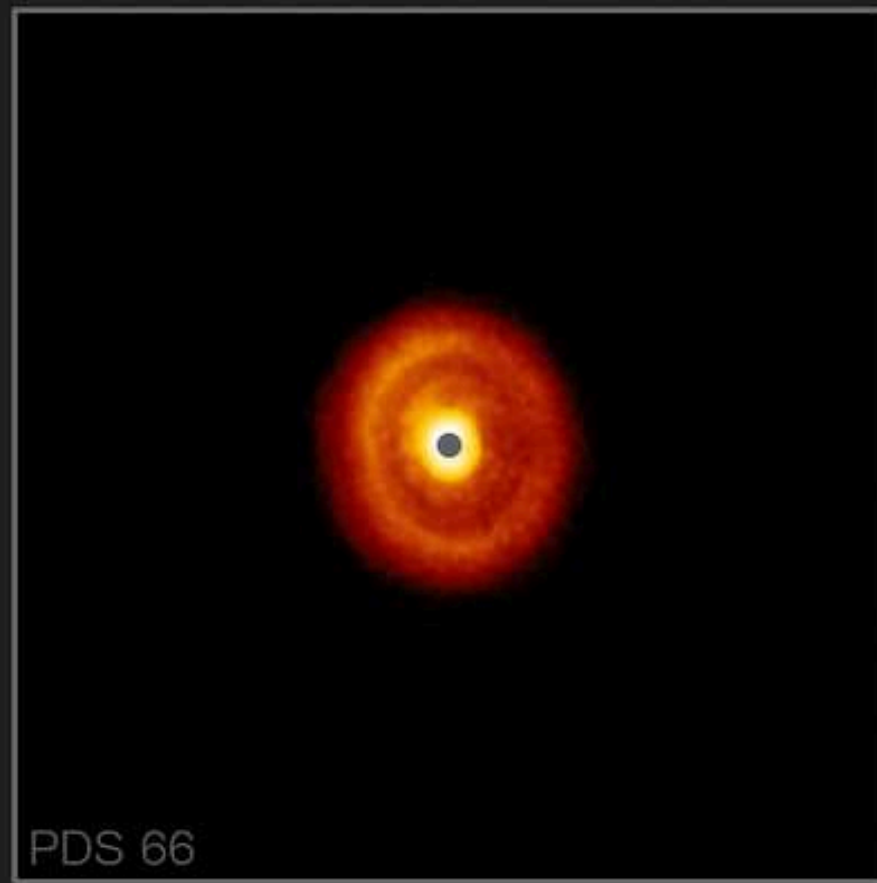
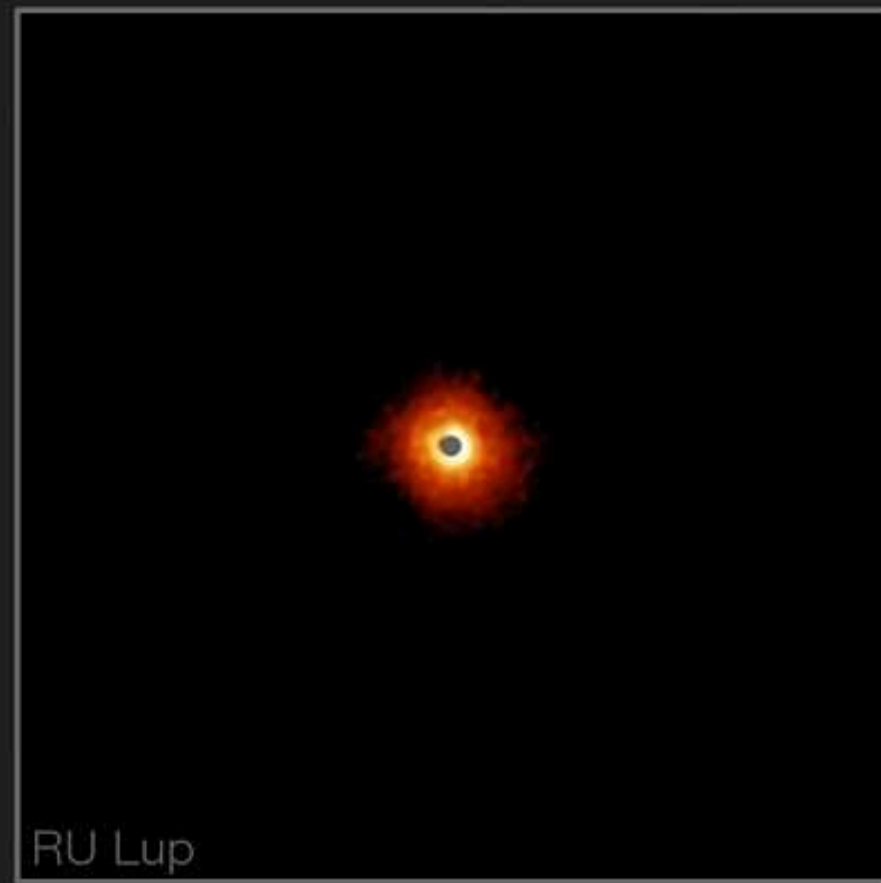
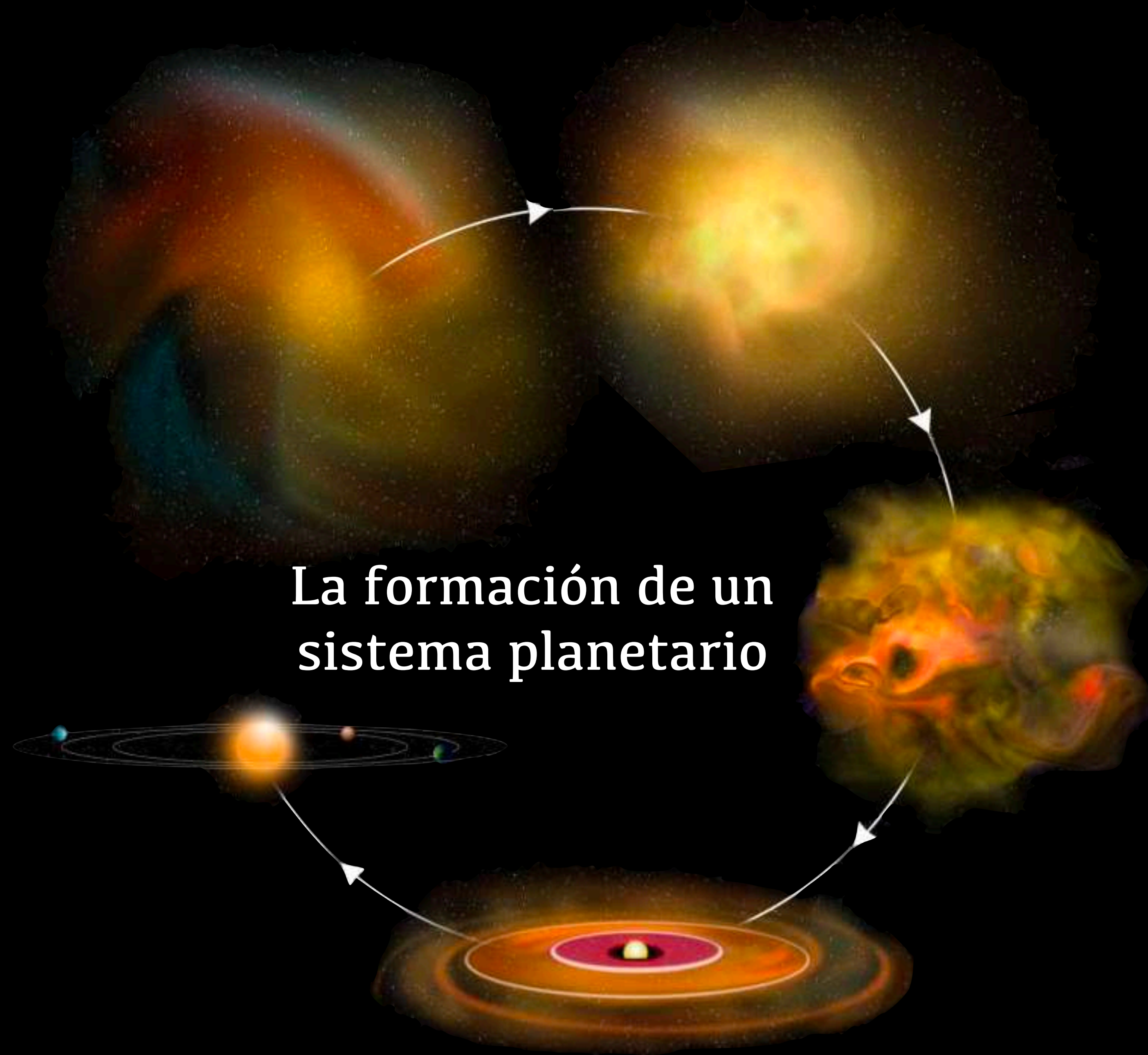


Fig. 1. Ratio image (β Pictoris divided by α Pictoris) showing the edge-on circumstellar disk extending 25 arcsec (400 AU) to the northeast and southwest of the star, which is situated behind an obscuring mask. North is at the top. The dark halo surrounding the mask is caused by imperfect balance in the ratioing process. For further explanation, see text.



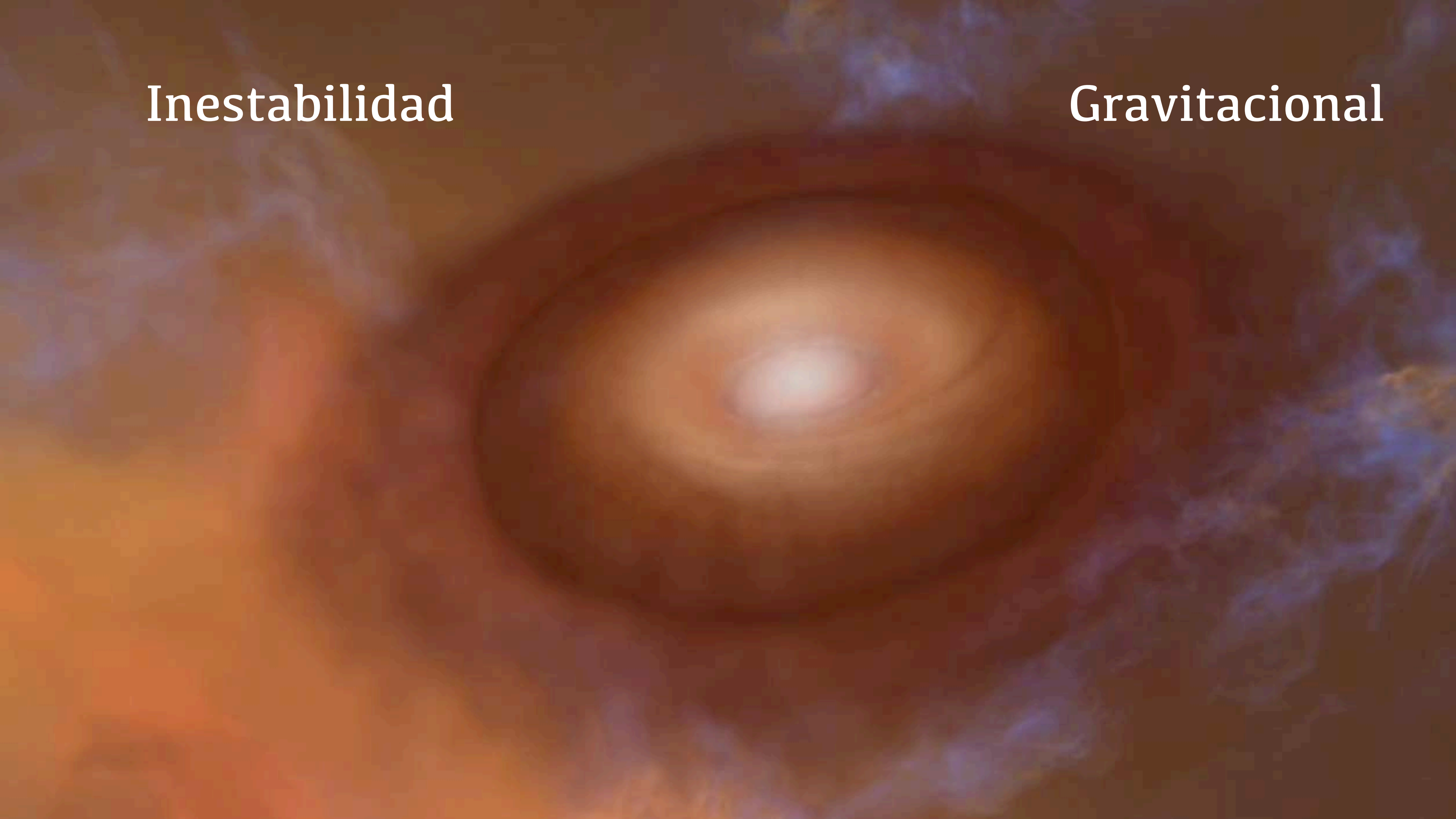
1"

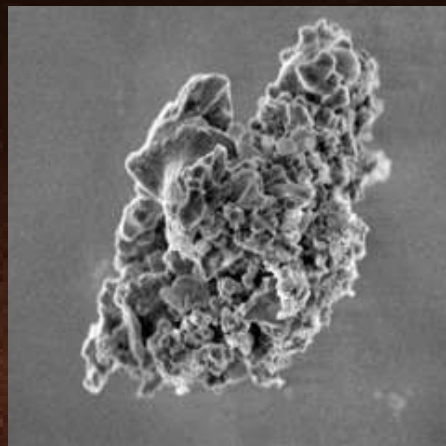


La formación de un sistema planetario

Inestabilidad

Gravitacional





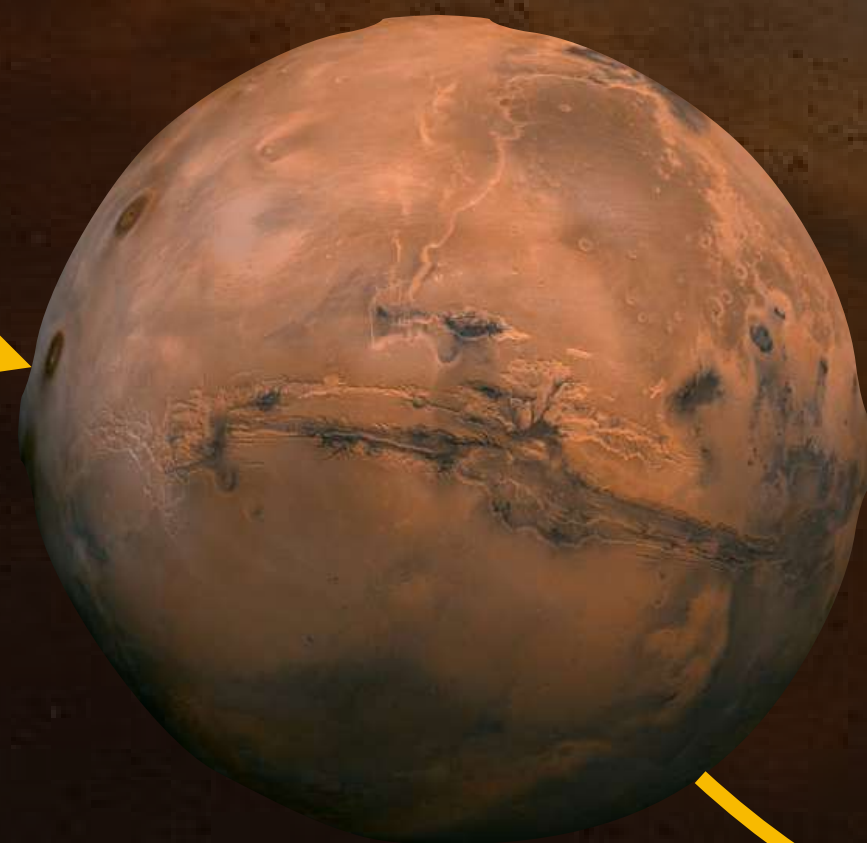
μm polvo
0.000001 metros



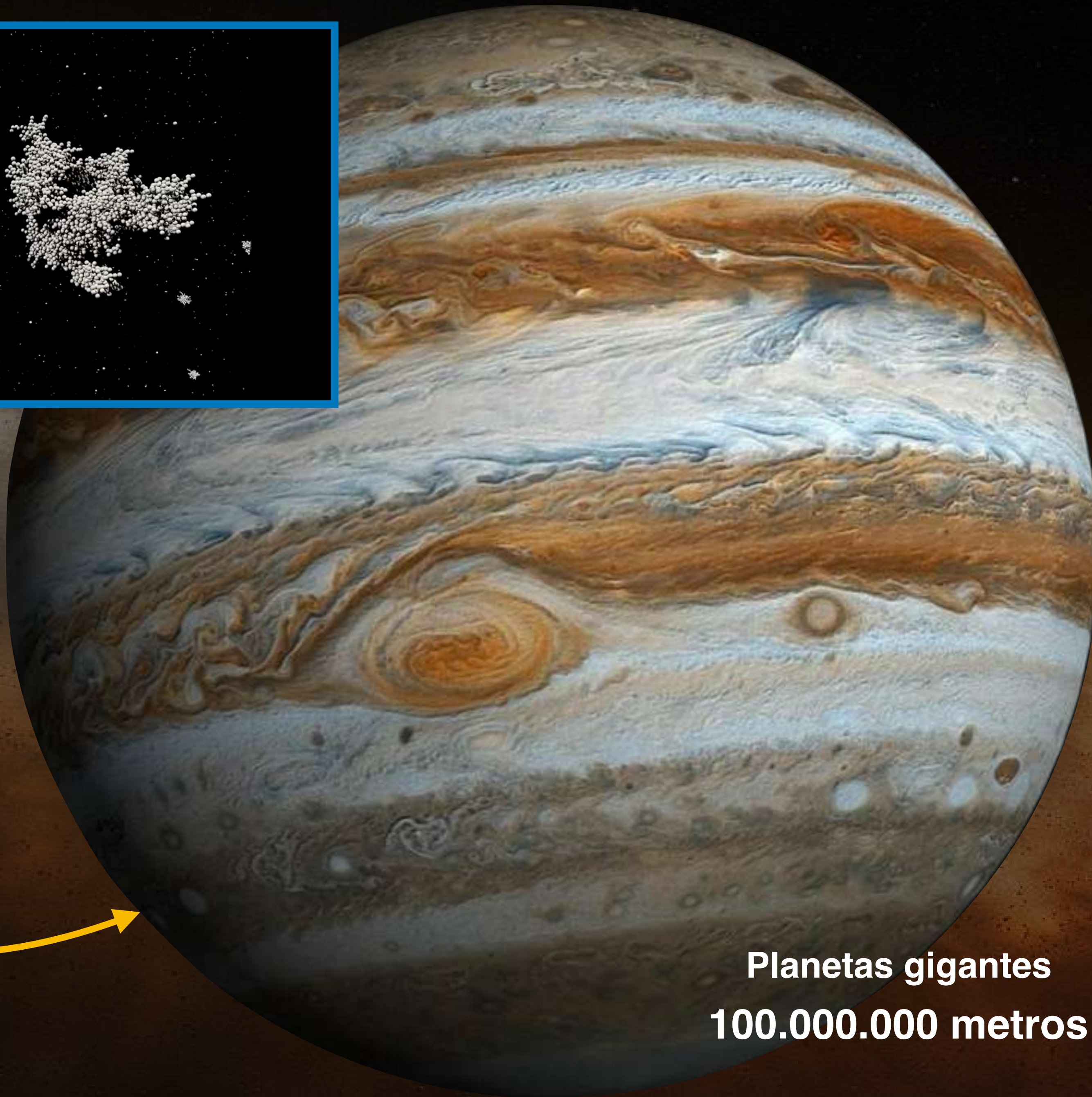
Asteroides



Planetas rocosos



Planetas gigantes
100.000.000 metros





~ 10cm



Credit: E. Moser



Inclusions



DART image of asteroid

