

Introducción al Sistema Solar

Ernesto Nicola

Curso de Iniciación a la Astronomía 2022, 1er trimestre

Palma de Mallorca, 2022-02-03



- 1 **Inventario del Sistema Solar**
 - Estructura General del Sistema Solar
 - Distancias y Tamaños
 - Órbitas y Rotaciones Planetarias
 - Satélites Naturales (Lunas) y Anillos
- 2 **Formación del Sistema Solar**
 - Sinopsis de la Formación del Sistema Solar
 - Otros Sistemas Planetarios en Formación
 - Ubicación y Características de los Planetas
 - Principales Procesos de Formación Planetaria
- 3 **Características generales de los Planetas**
 - El Interior de los Planetas
 - Las Atmósferas de los Planetas
 - Comparativa entre los Planetas

1. Inventario del Sistema Solar

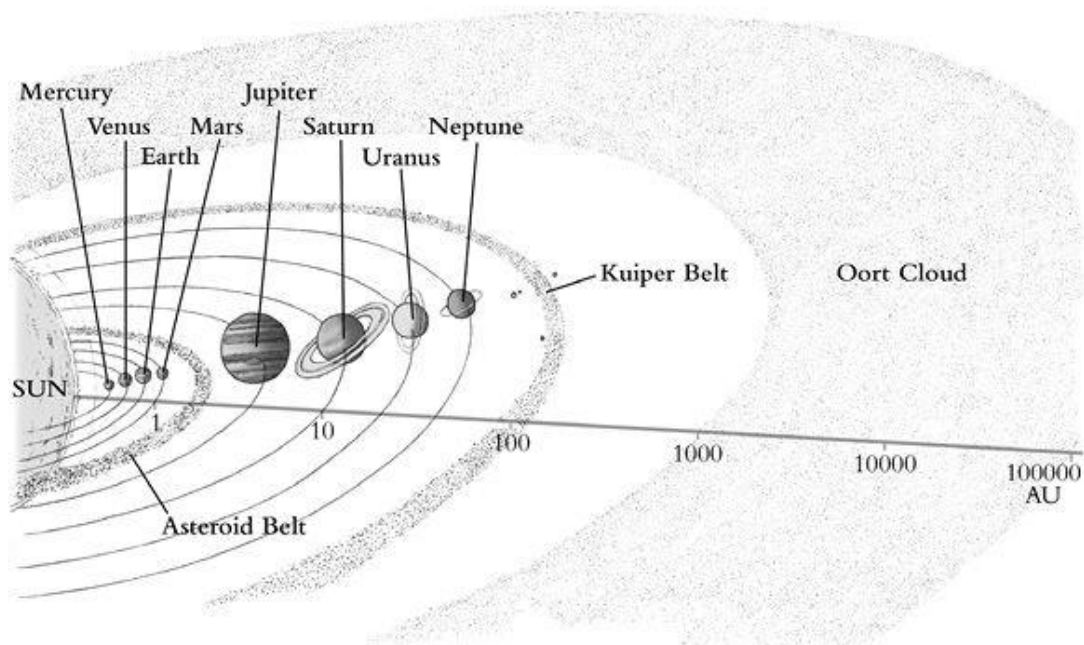
1. Inventario del Sistema Solar

Estructura General del Sistema Solar

Estructura general del Sistema Solar

- 1 Una estrella en el centro: el **Sol**
- 2 Varios **planetas** orbitando al Sol en el mismo plano
 - Planetas interiores: son rocosos y relativamente pequeños (Mercurio, Venus, Tierra y Marte)
 - Planetas exteriores: son gaseosos y grandes (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno)
 - Muchos planetas poseen satélites naturales: lunas
- 3 Muchísimos **asteroides** que también orbitan al Sol
 - Están ubicados fundamentalmente en el *Cinturón de asteroides*, entre los planetas interiores y los exteriores)
- 4 Una enorme cantidad de **cometas helados y otros objetos de composición similar**
 - Están fundamentalmente en el *Cinturón de Kuiper* y la *Nube de Oort*

Estructura general del Sistema Solar

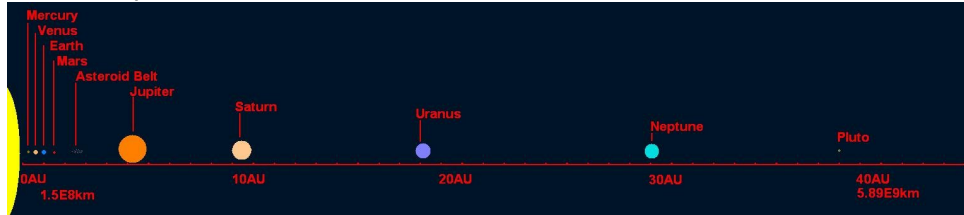


1. Inventario del Sistema Solar

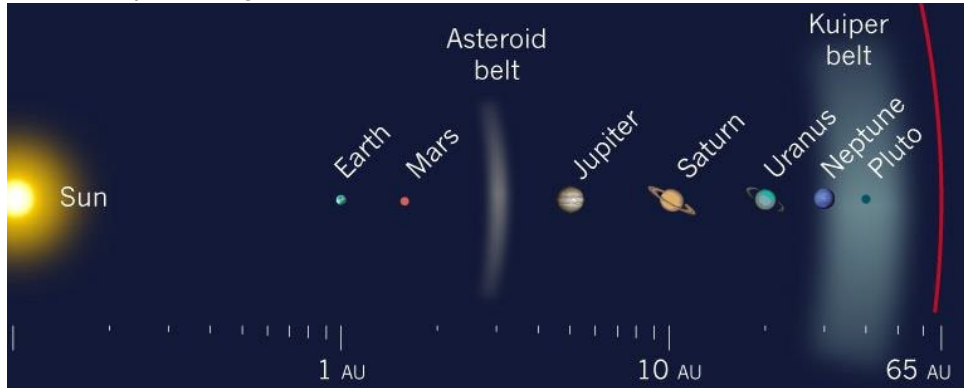
Distancias y Tamaños

Escala del Sistema Solar

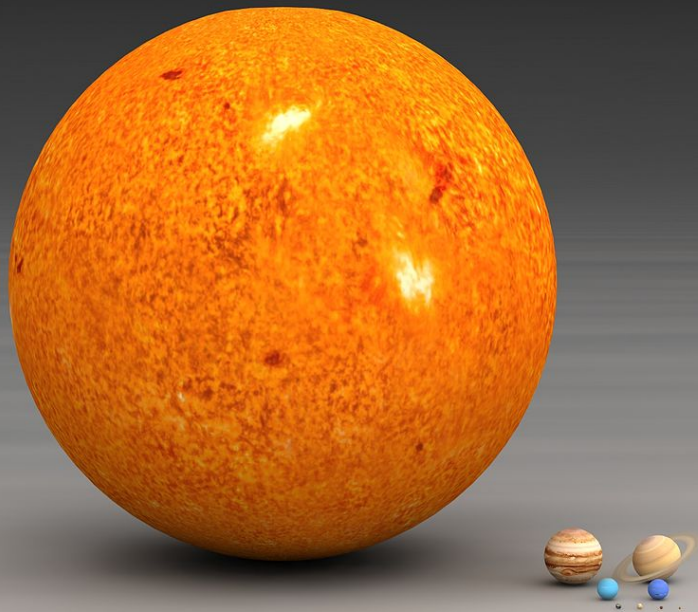
Escala espacial lineal:



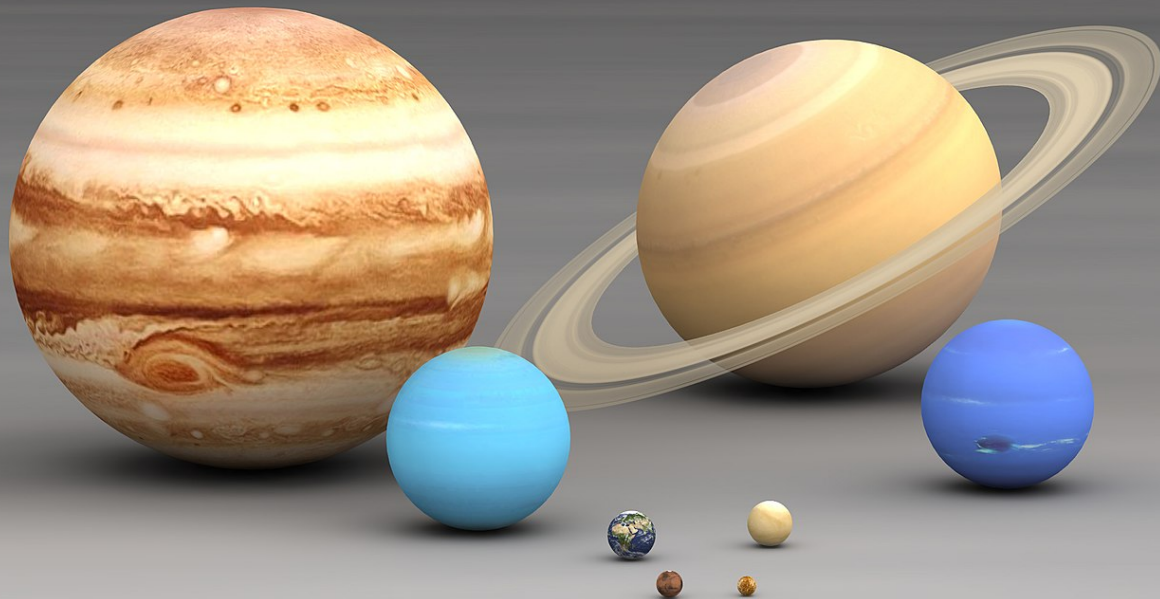
Escala espacial logarítmica:



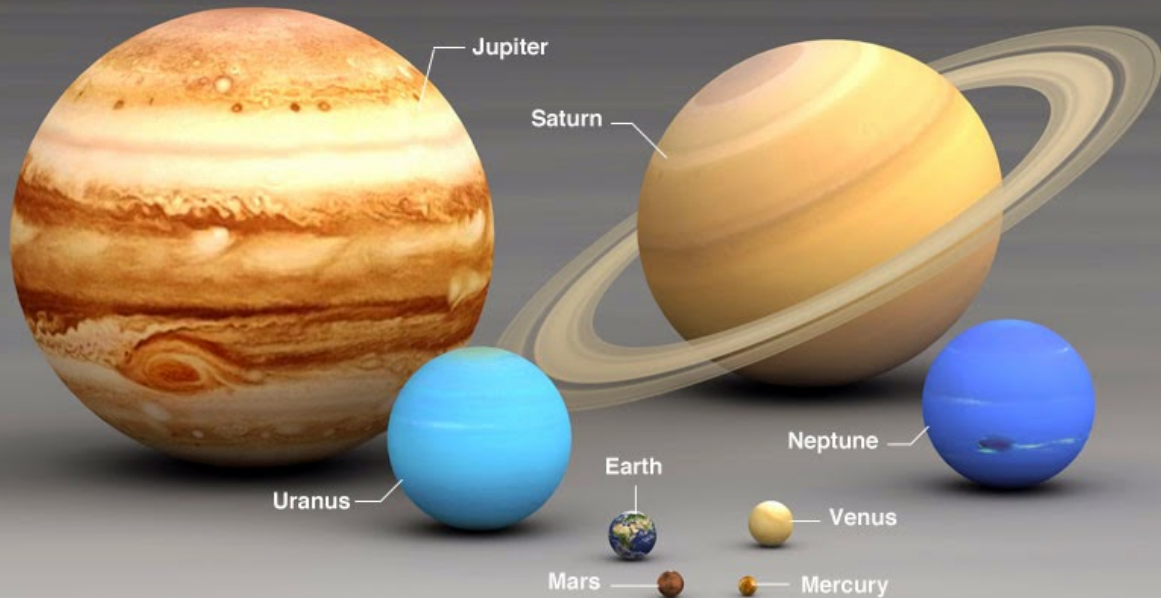
El Sistema Solar a escala: el Sol y los Planetas



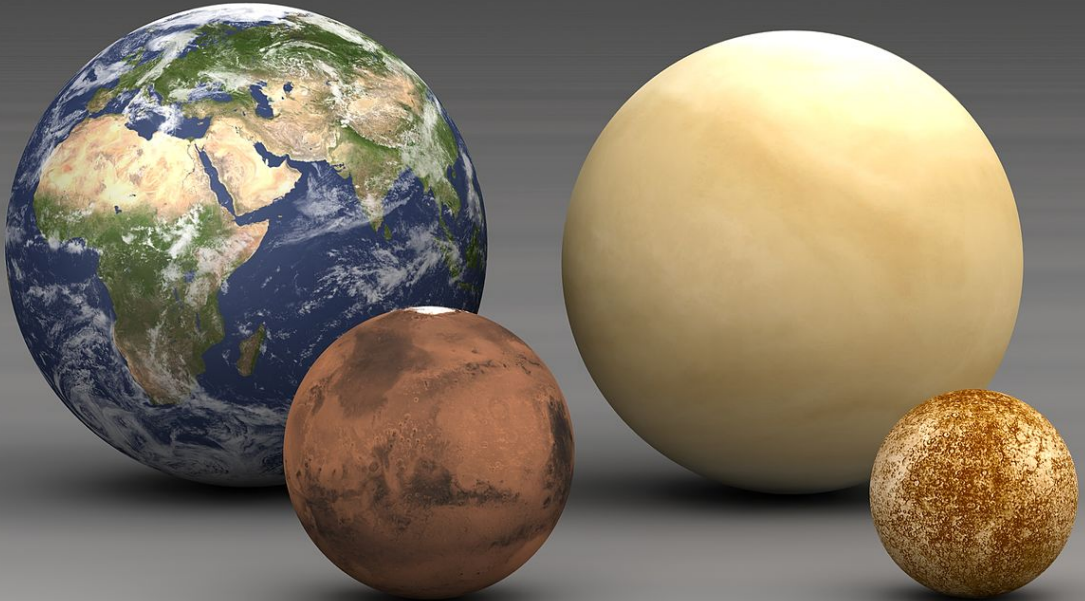
El Sistema Solar a escala: los Planetas



El Sistema Solar a escala: los Planetas



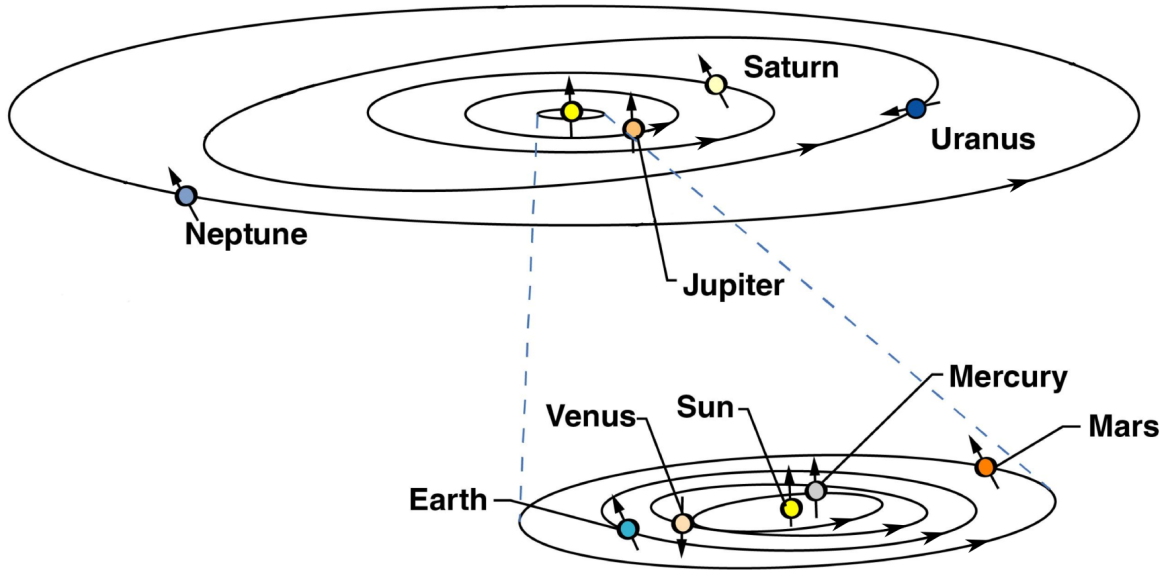
El Sistema Solar a escala: los Planetas Rocosos



1. Inventario del Sistema Solar

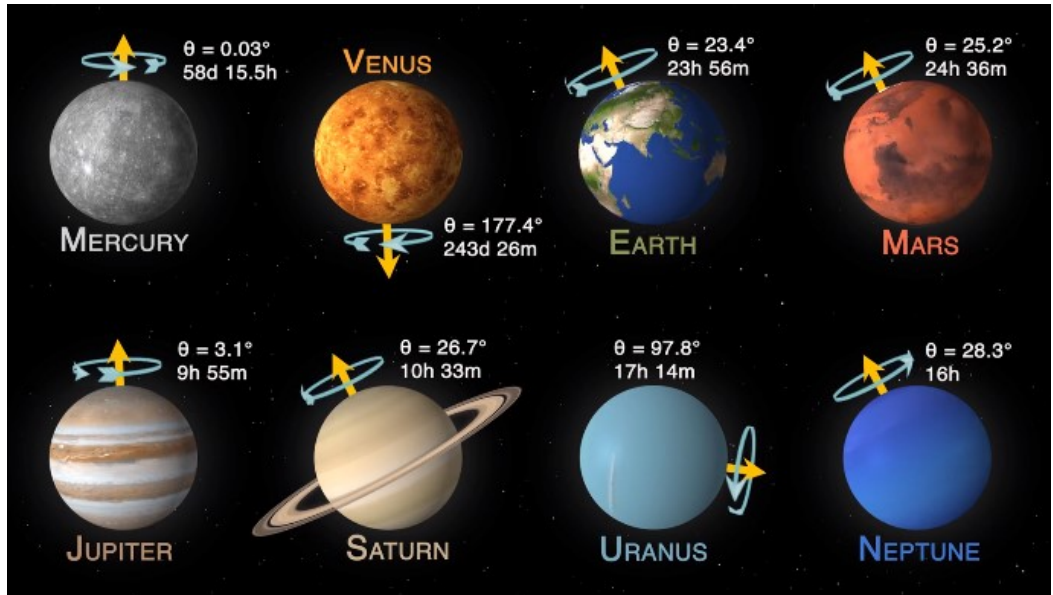
Orbitas y Rotaciones Planetarias

Órbitas Planetarias



- Todos los planetas orbitan al Sol en el mismo plano y en la misma dirección: anti-horaria (llamado "movimiento prógrado")

Rotación Planetaria

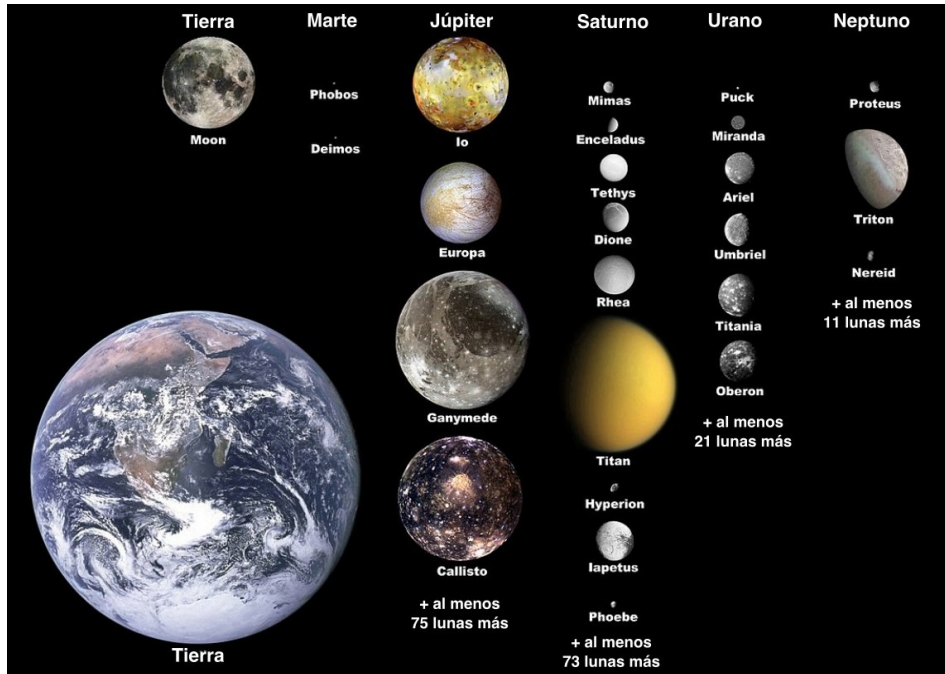


- La mayoría de los planetas rotan sobre su eje en sentido anti-horario (i.e. "prógrado").
- Venus y Urano son la excepción, probablemente sus ejes fueron desviados por colisiones.

1. Inventario del Sistema Solar

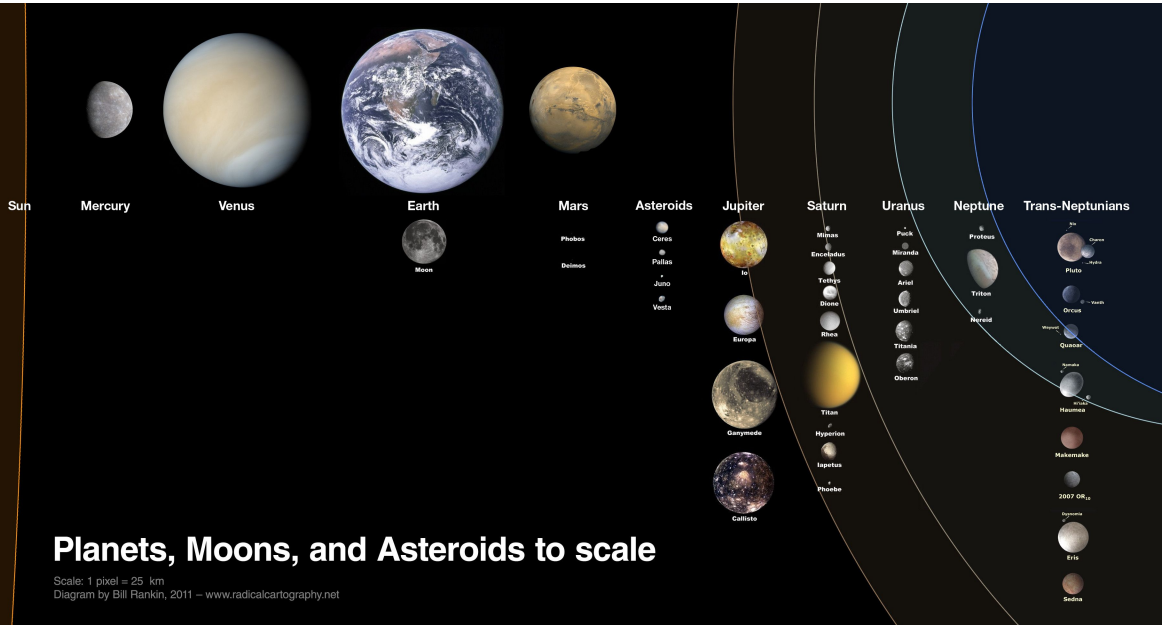
Satélites Naturales (Lunas) y Anillos

Los Planetas y sus Lunas

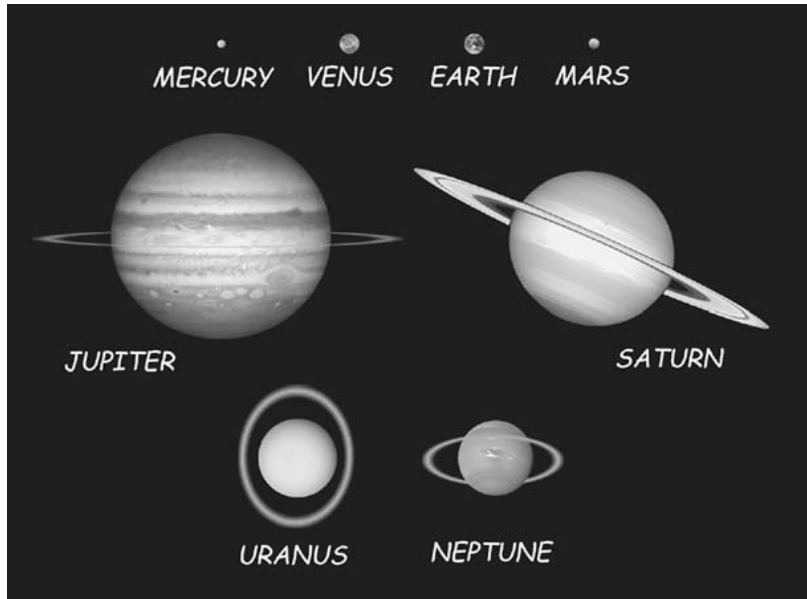


Los Planetas y sus Lunas

Hay alrededor de 160 lunas de tamaño considerable en el sistema solar



Planetas Exteriores: Anillos



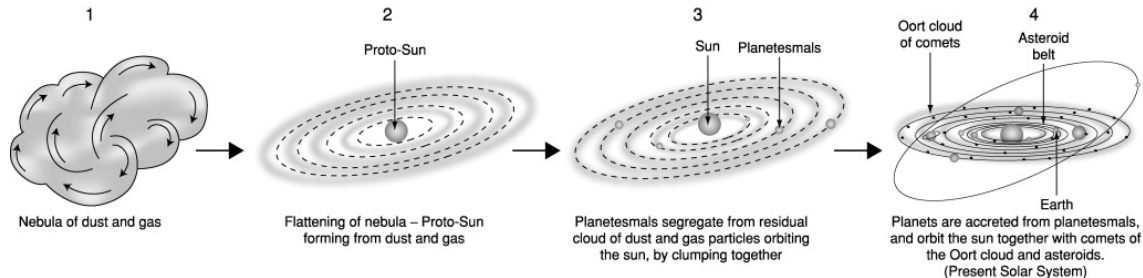
- Todos los planetas gaseosos tienen anillos (al igual que algunos asteroides y objetos del Cinturón de Kuiper)

2. Formación del Sistema Solar

2. Formación del Sistema Solar

Sinopsis de la Formación del Sistema Solar

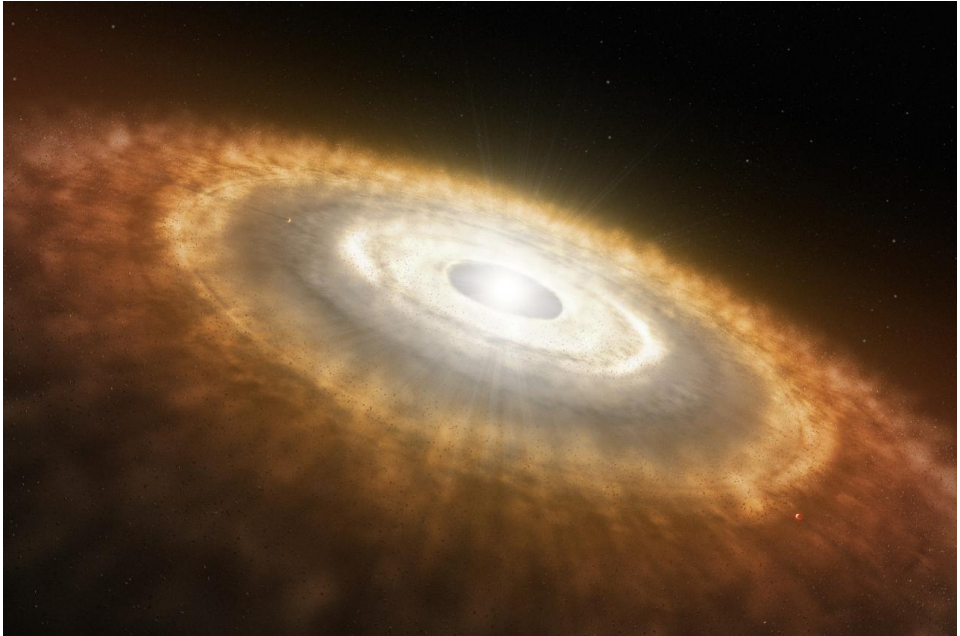
Formación del Sistema Solar



De una nube de gas a un sistema planetario pasando por un disco de polvo y gas:

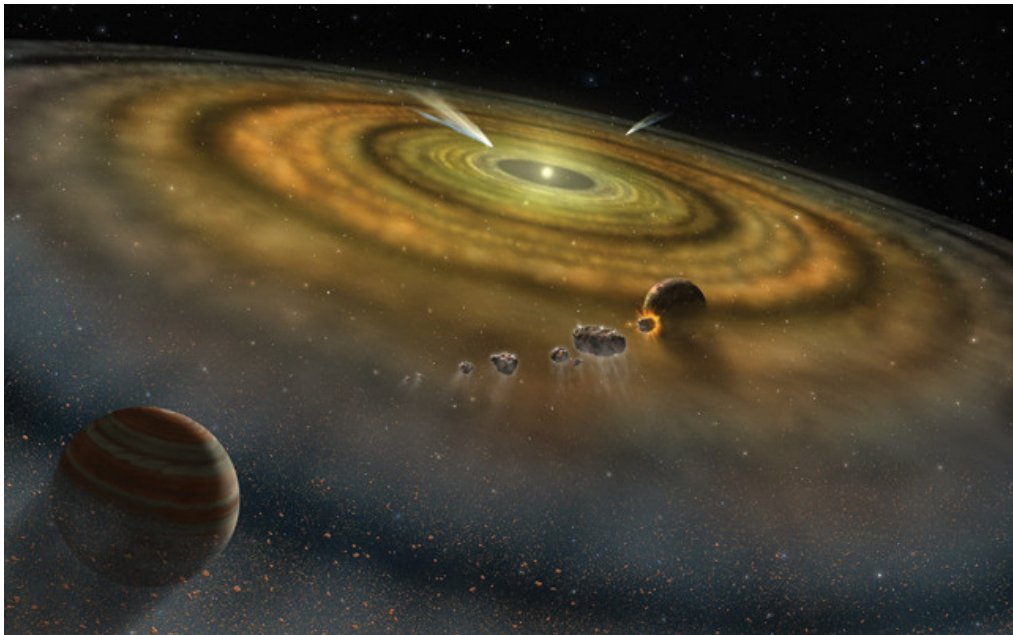
- 1 El sistema solar se formó debido al colapso gravitatorio de una nebulosa de gas y polvo hace 4.600 millones de años (recordar: el Big Bang sucedió hace 13.800 ma).
- 2 Al comprimirse la nebulosa, adquirió una rotación (gracias a la conservación del momento angular) en sentido anti-horario, achantándose hasta formar un disco con el proto-Sol en su centro.
- 3 El material del disco colisionó hasta formar cuerpos de tamaño mediano que van limpiando partes del disco.
- 4 El proceso de colisión entre cuerpos sólidos generó la formación de unos pocos planetas y unas cuantas lunas más una inmensa cantidad de cuerpos menores.

Formación del Sistema Solar



Disco Protoplanetario

Formación del Sistema Solar



Polvo+Gas→Planetesimales→Protoplanetas→Planetas

2. Formación del Sistema Solar

Otros Sistemas Planetarios en Formación

Ejemplos de sistemas planetarios en formación ("Proplyds")



Ejemplos de Discos Protoplanetarios

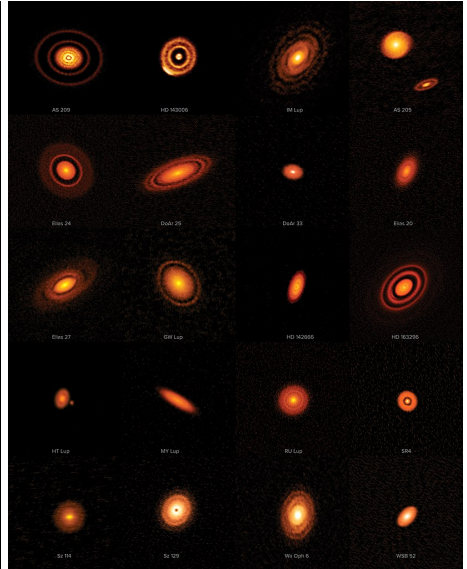
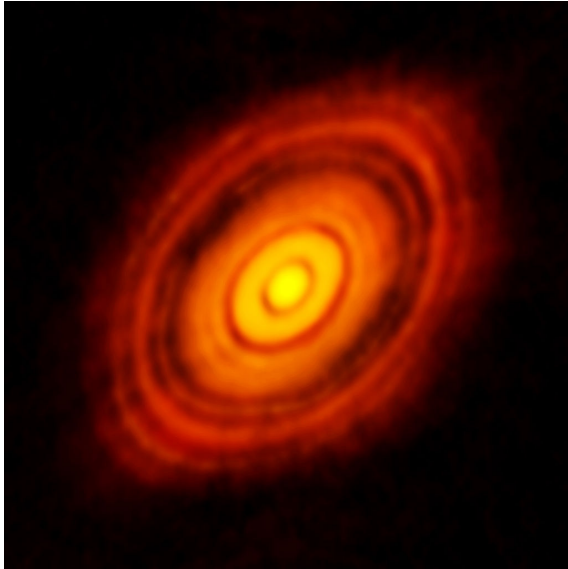
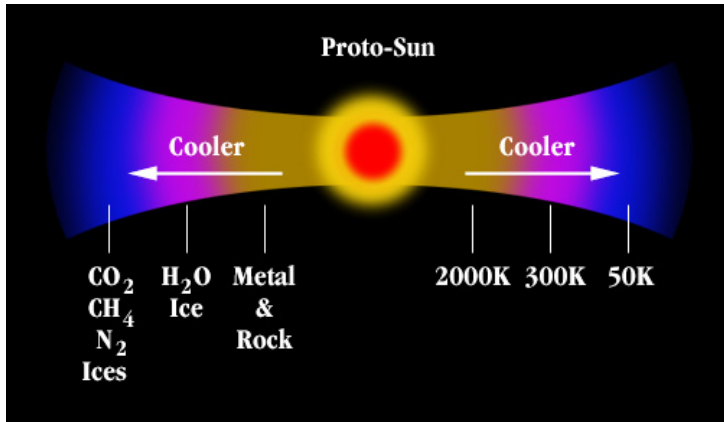


Imagen de ALMA de un disco proto-planetario en HL Tauri

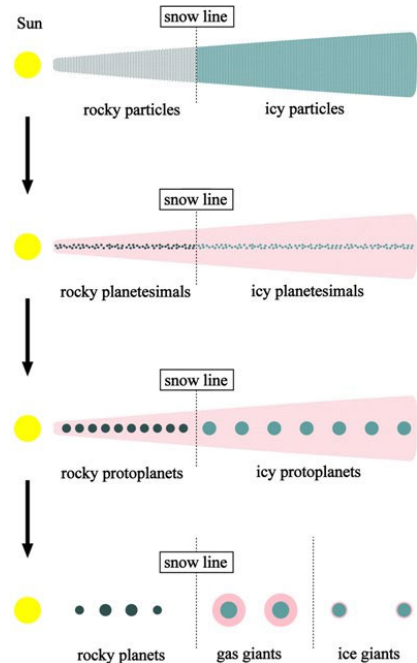
2. Formación del Sistema Solar

Ubicación y Características de los Planetas

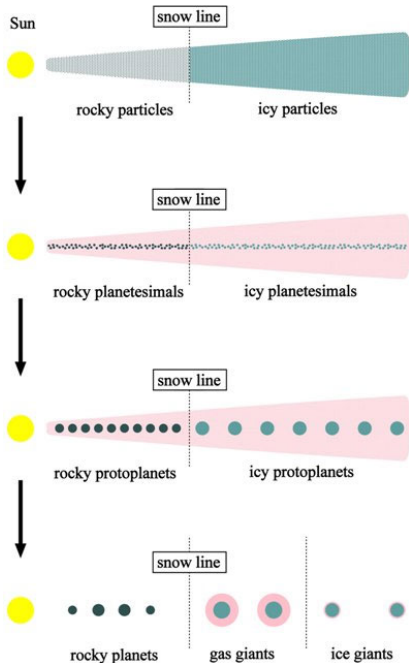
Disco Protoplanetario: Línea de Hielo



- **Línea de hielo:** la distancia en la nebulosa solar desde el centro del proto-sol donde está lo suficientemente fría para que los compuestos de hidrógeno, como el agua, amoníaco y metano puedan condensarse en granos de hielo sólido.

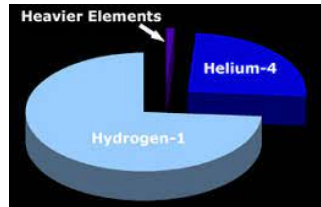


Formación de los Planetas



La formación planetaria depende de la distancia al Sol:

- Por dentro de la línea de hielo se forman planetas rocosos (compuestos predominantemente de silicatos y también de metales (Hierro y Níckel))
- Por fuera de la línea de hielo se forman planetas gaseosos. Típicamente contienen núcleos rocosos o metálicos. Estos planetas están formados mayormente de Hidrógeno y un poco de Helio.
- Objetos pequeños compuestos de hielos se formaron más allá de Neptuno pero muchos de ellos fueron desplazados al exterior del sistema solar (nube de Oort)



Formación de los Planetas

Breve resumen de la formación del sistema solar actual

- Júpiter, el planeta más grande del sistema solar, probablemente fue el primero en formarse
- El resto de los planetas se formaron de los "restos" que no quedaron incluidos en Júpiter

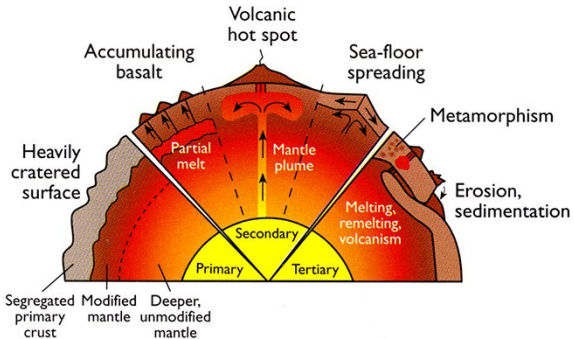
2. Formación del Sistema Solar

Principales Procesos de Formación Planetaria

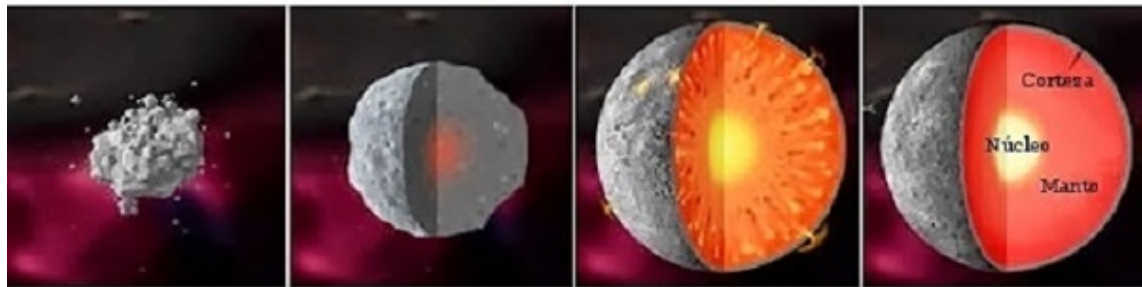
Formación de los Planetas: Principales Procesos

Principales procesos de formación de los planetas del sistema solar:

- 1 Colisiones e Impactos (que generan cráteres)
- 2 Vulcanismo (vulcanismo rocoso en los planetas rocosos vs. crio-vulcanismo en lunas de los planetas gaseosos)

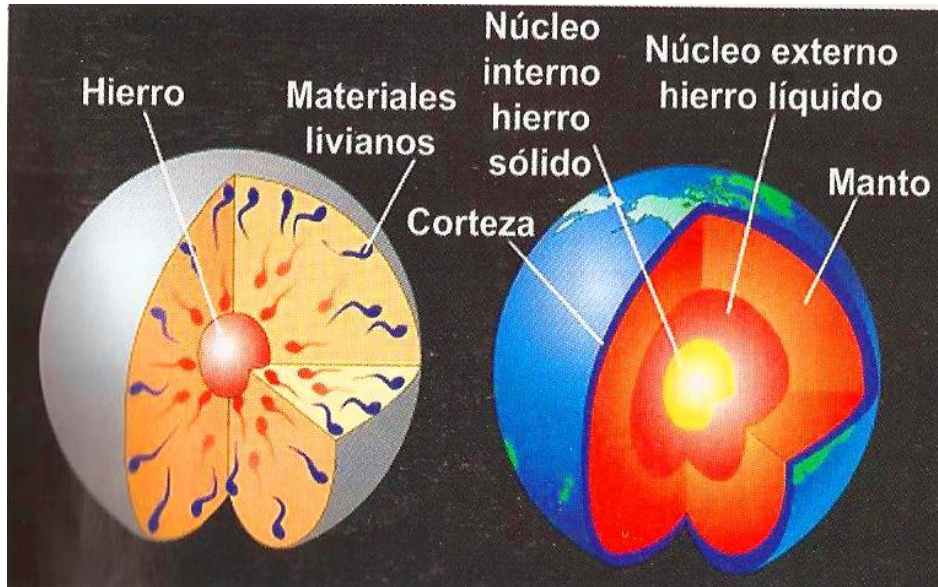


Mecanismo de Diferenciación Planetaria



- La **diferenciación planetaria** se produce cuando los componentes de un cuerpo planetario se separan y diferencian desarrollando capas de composición diferente debido a la presencia de calor.
- Los materiales más densos del cuerpo planetario, como pueden ser los metales, se hunden hacia el centro, mientras que los materiales menos densos, como los silicatos, suben a la superficie.
- Este proceso tiende a crear un núcleo interior y un manto exterior.

Mecanismo de Diferenciación Planetaria



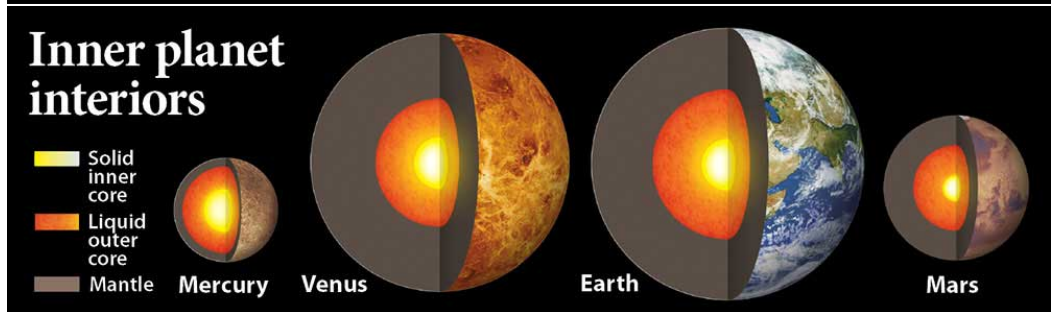
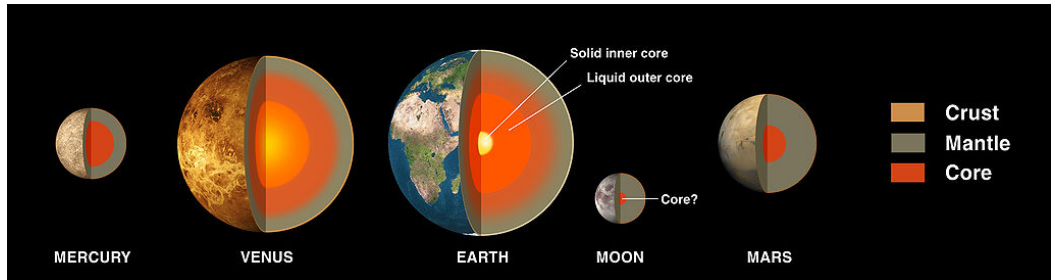
- El proceso de diferenciación planetaria se ha producido en: los planetas, en planetas enanos, en algunos asteroides grandes y en algunos satélites naturales.

3. Características generales de los Planetas

3. Características generales de los Planetas

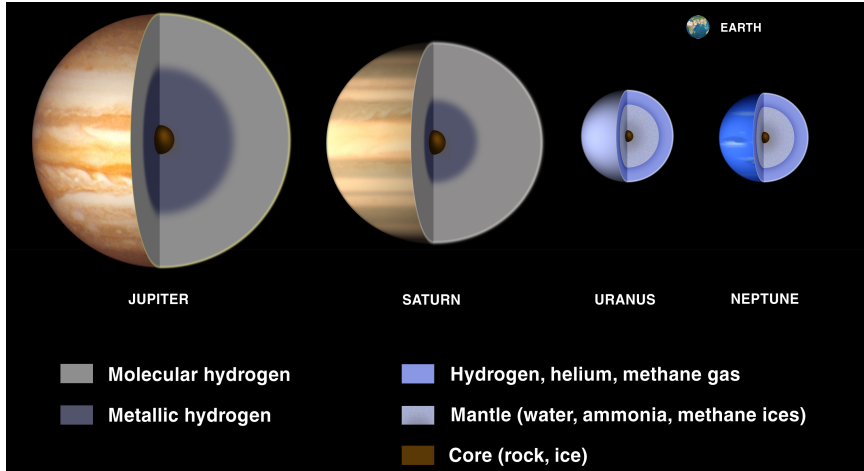
El Interior de los Planetas

Estructura Interna: Planetas Rocosos



- Todos los planetas tienen en su interior un núcleo (metálico en los planetas rocosos o metálico/rocoso en los gaseosos)

Estructura interna: Planetas Gaseosos

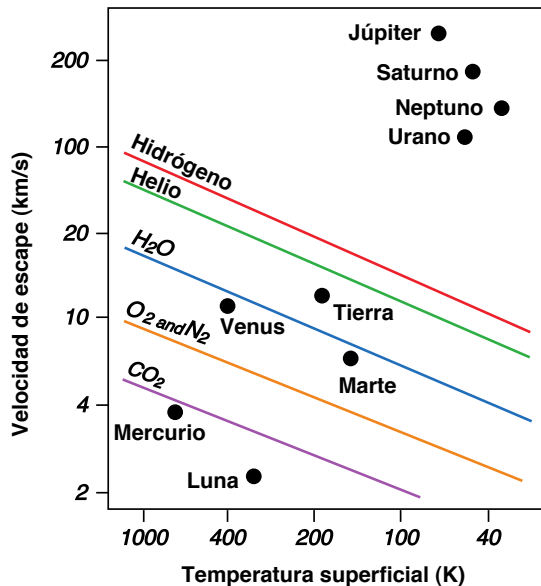


- Los planetas gaseosos poseen un núcleo metálico/rocoso en su interior.
- Todos los planetas gaseosos también tienen una composición similar
 - El principal elemento que compone las atmósferas es el Hidrógeno, seguido del Helio.
 - En los dos planetas más masivos, Júpiter y Saturno, las presiones en su interior son tan altas que el Hidrógeno no solo se transforma en líquido sino que además sus electrones se separan del núcleo conformando hidrógeno metálico.

3. Características generales de los Planetas

Las Atmósferas de los Planetas

Las Atmosferas de los Planetas



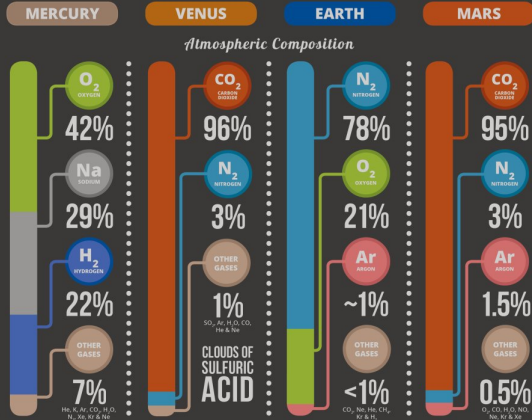
Si un planeta está por debajo de la línea de escape, entonces ese elemento escapará de la atmósfera

Planet	Surface Pressure (earth = 1)
Mercury	10^{-15}
Venus	100
Earth	1.0
Mars	0.01
Moon	10^{-15}

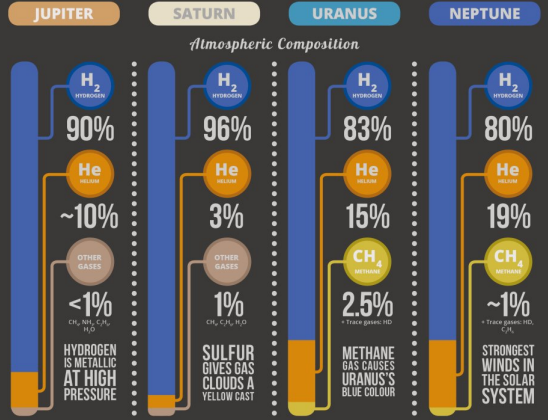
- **Todos los planetas tienen algún tipo de atmósfera.** En algunos casos (en Mercurio y la Luna) es muy tenue y en otros (en los planetas gigantes) es enorme
- Las atmósferas de los planetas gaseosos están compuestas mayormente de Hidrógeno y en menor medida de Helio (el primer y segundo elemento más abundante en el Universo)

Las Atmosferas de los Planetas

The Terrestrial Planets



The Gas Giants

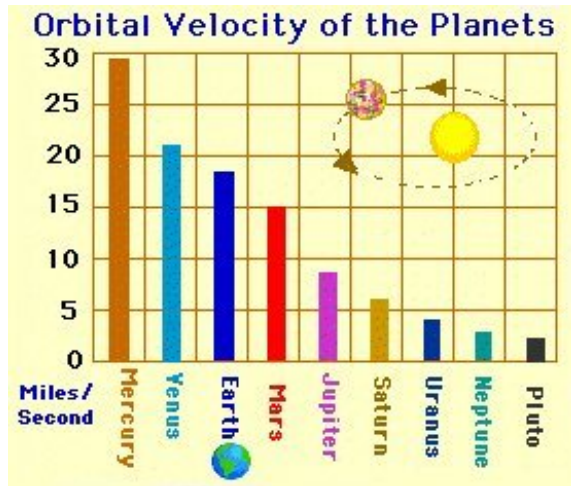


Note: Planet sizes are not to scale. Also, Mercury's atmosphere is not an atmosphere in the strict sense of the word, as it is a trillion times thinner than Earth's.

3. Características generales de los Planetas

Comparativa entre los Planetas

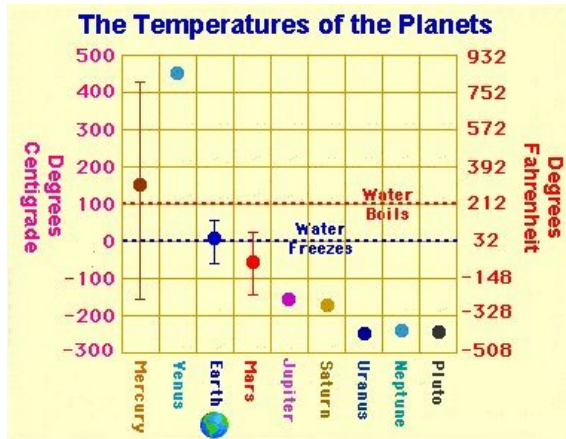
Comparativa entre los Planetas: Velocidades y Períodos Orbitales



Planet	Orbital Period (in days)
Mercury	88
Venus	224.7
Earth	365.2
Mars	687
Jupiter	4331
Saturn	10,747
Uranus	30,660
Neptune	60,148

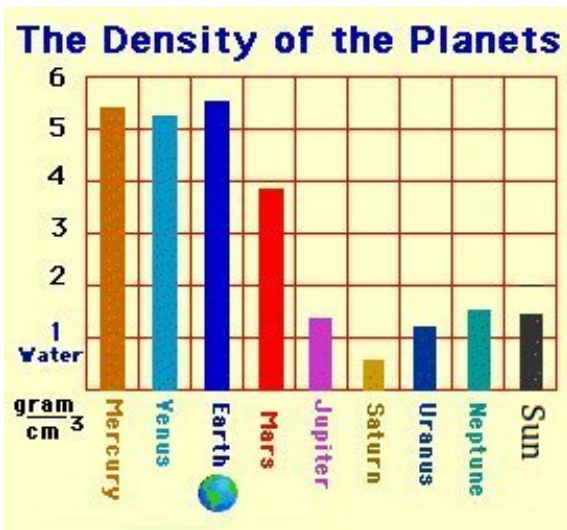
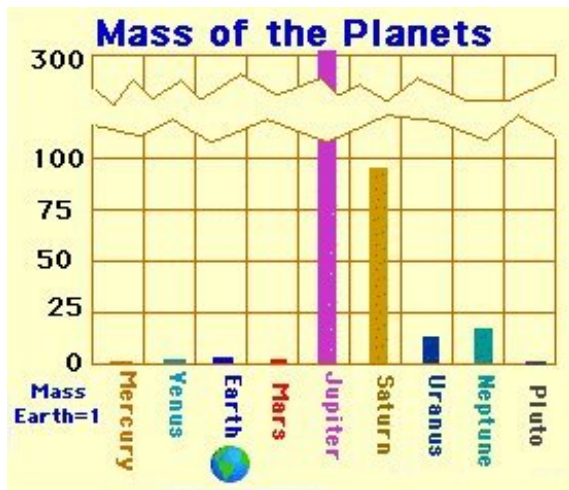
- La velocidad orbital de los planetas decrece con la distancia, o equivalentemente, el período de revolución alrededor del Sol aumenta con la distancia.

Comparativa entre los Planetas: Temperaturas



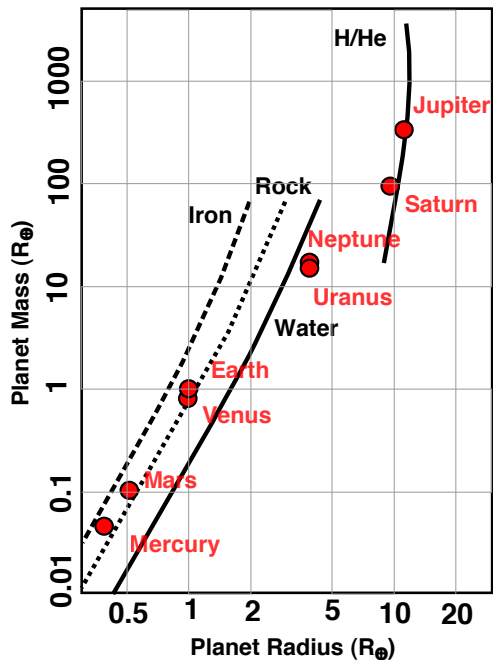
- Por regla general la temperatura de la superficie de los planetas decrece con la distancia. Notar la temperatura anómalamente alta de Venus.

Comparativa entre los Planetas: Masas y Densidades



- La masa total de un planeta depende de su tamaño y densidad
 - Júpiter es 2,5 veces más masivo que el resto de los planetas juntos
- Los planetas rocosos son más densos que los gaseosos

Comparativa entre los Planetas: Radios y Masas



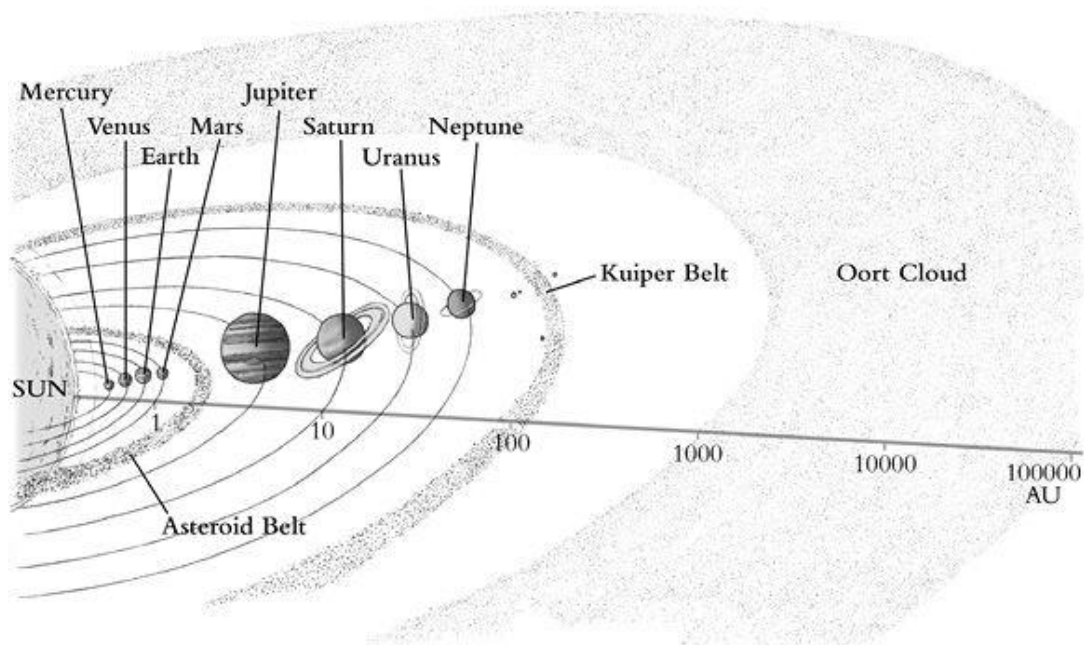
- Hay una relación proporcional entre el radio y la masa de los planetas
- Júpiter tiene cerca del máximo tamaño posible para un planeta gaseoso (planetas gaseosos más masivos que Júpiter, reducen su volumen)

Resumen de la Charla

Estructura general del Sistema Solar

- 1 Una estrella en el centro: el **Sol**
- 2 Varios **planetas** orbitando al Sol en el mismo plano
 - Planetas interiores: son rocosos y relativamente pequeños (Mercurio, Venus, Tierra y Marte)
 - Planetas exteriores: son gaseosos y grandes (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno)
 - Muchos planetas poseen satélites naturales: lunas
- 3 Muchísimos **asteroides** que también orbitan al Sol
 - Están ubicados fundamentalmente el *Cinturón de asteroides*, entre los planetas interiores y los exteriores)
- 4 Una enorme cantidad de **cometas helados y otros objetos de composición similar**
 - Están fundamentalmente en el *Cinturón de Kuiper* y la *Nube de Oort*)

Estructura general del Sistema Solar



Resumen de las Características de los Planetas

- Planetas rocosos:

- Están entre el Sol y el cinturón de asteroides
- Sus tamaños abarcan desde pequeños a mediano
- Son muy densos
- Poseen un núcleo metálico en su interior
- Poseen un manto y corteza de roca (silicatos)
- Sus atmósferas pueden ser densas o muy tenues y su composición varía mucho también.

- Planetas gaseosos

- Están a partir del cinturón de asteroides
- Son de gran tamaño
- Son poco densos
- Poseen atmósferas muy densas, constituidas mayormente de Hidrógeno y un poco de Helio
- Poseen un núcleo metálico/rocoso en su interior
- Tienen anillos