

Sistema Solar

Magda Stavinschi

International Astronomical Union, Instituto Astronómico de la Academia Rumana
(Bucarest, Rumania)

Resumen

Sin duda, en un Universo en el que hablamos acerca de los sistemas estelares y solares, de los planetas y de los exoplanetas, el sistema más conocido es el Sistema Solar. ¿Quién no sabe lo que es el Sol, cuáles son los planetas, los cometas, los asteroides? Pero, ¿es esto realmente así? Si queremos saber esto desde el punto de vista científico, tenemos que saber las reglas que definen un sistema.

¿Cuáles son estos cuerpos (de acuerdo con resolución de la Unión Astronómica Internacional, de 24 de agosto de 2006)

- planetas
- satélites naturales de los planetas
- planetas enanos
- otros cuerpos más pequeños: asteroides, meteoritos, cometas, polvo, los objetos del Cinturón de Kuiper, etc.

Por extensión, cualquier otra estrella rodeada por los cuerpos celestes de acuerdo a las mismas leyes se llama sistema estelar. ¿Cuál es el lugar del Sistema Solar en el Universo? Hay sólo un montón de preguntas que tratamos de responder en este capítulo.

Objetivos

- Saber qué lugar ocupa el Sol en el Universo.
- Conocer que objetos forman el Sistema Solar.
- Conocer detalles de los diferentes cuerpos del Sistema Solar, especialmente de los más destacados.

Sistema Solar

¿Qué es un sistema? Un sistema es, por definición, un conjunto de elementos (principios, normas, fuerzas, etc), que interactúan entre sí de acuerdo con una serie de principios o reglas.

¿Qué es un Sistema Solar? Para definirlo vamos a indicar los elementos del conjunto: el Sol y todos los cuerpos que lo rodean y que están unidos a él por la fuerza de gravedad.

¿Cuál es el lugar del Sistema Solar en el Universo? El Sistema Solar está situado en uno de los brazos exteriores de nuestra galaxia, también llamada Vía Láctea. Este brazo se llama el brazo de Orión. Está situado en una región de una densidad relativamente pequeña.

El Sol, junto con todo el Sistema Solar, está en un movimiento de revolución alrededor del centro de nuestra galaxia, situado a una distancia de 25.000-28.000 años luz (aprox. la mitad del radio de la galaxia), con un período de revolución de aproximadamente 225-250 millones de años (el año galáctico del Sistema Solar). La distancia a la que viaja a lo largo de esta órbita circular es de aproximadamente 220 km/s, mientras que la dirección está orientada a la posición actual de la estrella Vega.

Nuestra galaxia se compone de aproximadamente 200 mil millones de estrellas, junto con sus planetas, y de más de 1000 nebulosas. La masa de todo el conjunto es aproximadamente 750-1000 mil millones de veces mayor que la del Sol, y el diámetro es de unos 100.000 años luz.

Muy cerca está el sistema de Alfa Centauri (la estrella más brillante de la constelación del Centauro), compuesto de tres estrellas, es decir, un par de estrellas (Alfa Centauri A y B), similar a la del Sol, que gira alrededor de una enana roja, Alfa Centauri C, de una luminosidad relativamente pequeña a una distancia de 0,2 años luz. La última es la estrella más cercana al Sol, a una distancia de 4,24 años luz es por eso que también se llama "Proxima Centauri".

Nuestra galaxia es parte de un grupo de galaxias llamado Grupo Local, compuesto de tres galaxias grandes y una serie de otras 30 más pequeñas. Nuestra galaxia tiene la forma de una espiral enorme. Los brazos de esta espiral contienen, entre otras cosas, materia interestelar, nebulosas y estrellas jóvenes que nacen de forma permanente de esa materia. El centro de la galaxia está compuesto por viejas estrellas concentradas en grupos de forma esférica. Nuestra galaxia tiene aproximadamente unos 200 grupos de estos, de los que sólo 150 son más conocidos. Estos grupos se concentran sobre todo en el centro galáctico. Nuestro Sistema Solar está situado a 20 años luz por encima del plano de simetría ecuatorial y 28.000 años luz de distancia desde el centro galáctico. El centro de la galaxia se encuentra en la dirección de la constelación de Sagitario, a 25.000- 28.000 años luz de distancia desde el Sol.

El Sol

La edad del Sol es de aprox. 4,6 mil millones años. En la actualidad, el Sol ha completado cerca de la mitad de su ciclo de evolución y su núcleo de hidrógeno se transforma en helio a través de la fusión nuclear. Cada segundo, en el núcleo del Sol, más de cuatro millones de toneladas de materia se convierten en energía, generando así neutrinos y radiación solar.

El ciclo de la vida del Sol

En unos 5 mil millones de años, el Sol se convertirá en una gigante y luego en una enana blanca, un período en el que nacerá una nebulosa planetaria. Por último, se agotará el hidrógeno, que dará lugar a cambios radicales, incluida la destrucción total de la Tierra. La actividad solar, más exactamente su actividad magnética, se detecta a la vista por el número y la dimensión de las manchas en su superficie, así como por las erupciones solares y las

variaciones del viento solar, que disipan la materia de la composición del Sol en el Sistema Solar e incluso más allá.

La mayor parte del Sol (74%) es hidrógeno, casi el 25% es helio, mientras que el resto son elementos pesados.

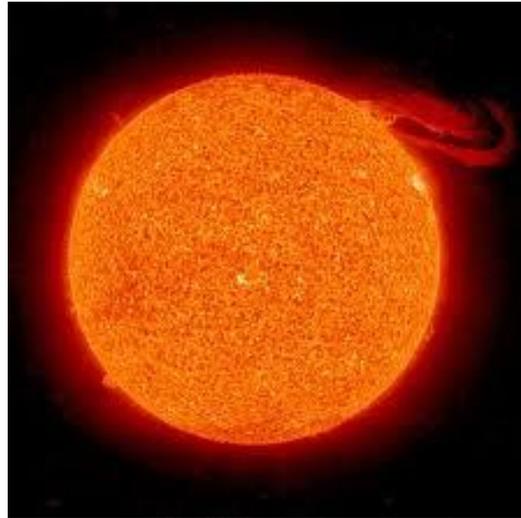


Fig. 1: El Sol

La formación y evolución del Sistema Solar

El nacimiento y la evolución del Sistema Solar han generado las teorías más extravagantes. Ni siquiera los descubrimientos de los últimos siglos han logrado acercarnos a la correcta comprensión de estos procesos. La era espacial, el conocimiento de otros mundos similares a nuestro Sistema Solar, así como la física nuclear, nos han ayudado a comprender mejor los procesos fundamentales que tienen lugar dentro de una estrella, que finalmente conducen a la adopción de modelos cercanos a la realidad.

Esta parece ser la hipótesis de una nebulosa primitiva, propuesta en 1755 por Emmanuel Kant y también por separado por Pierre-Simon Laplace. Según esta teoría, el Sistema Solar es el resultado de la acción del efecto de la gravitación en una nube gaseosa llamada nebulosa solar. Esta última tendría un diámetro de aprox. 100 UA y una masa de 2.3 veces mayor que la del Sol. Con el tiempo, una perturbación fuerte (posiblemente una supernova vecina) sacudió la nebulosa, arrojando la materia hacia el interior hasta que las fuerzas gravitacionales sobrepasaron la presión de los gases y el colapso comenzó. Mientras tanto, la nebulosa se estaba viniendo abajo sobre sí misma, aumentando la presión y por lo tanto la temperatura, y la conservación del momento cinético hizo que ésta comenzara a rotar cada vez más rápido. Esto tuvo lugar hace alrededor de 4,6 millones de años. Hoy en día se considera que el Sistema Solar aparece completamente diferente del original. Pero mejor vamos a echar una mirada nuestro sistema planetario tal como es hoy.

Planetas

Para este efecto, se utilizará la definición dada por la Unión Astronómica Internacional (UAI), en su 26a Asamblea General, que tuvo lugar en Praga, en 2006.

En el Sistema Solar un planeta es un cuerpo celeste que:

1. está en órbita alrededor del Sol,
2. tiene masa suficiente para mantener el equilibrio hidrostático (forma casi redonda), y
3. ha "limpiado la vecindad" alrededor de su órbita.

Un cuerpo no-satélite que cumpla sólo los dos primeros de estos criterios está clasificado como un "planeta enano".

Según la UAI, los planetas y los planetas enanos son dos clases distintas de objetos. Un no-satélite que cumpla sólo el primer criterio que se denomina un "pequeño cuerpo del Sistema Solar" (SSSB).

Los proyectos iniciales de reclasificación de cuerpos en el Sistema Solar, planearon incluir a los planetas enanos como una subcategoría de los planetas, pero como esto podría haber llevado a la adición de varias decenas de nuevos planetas en el Sistema, este proyecto fue abandonado finalmente. En 2006, sólo se añadieron tres planetas enanos (Ceres, Eris y Makemake) y la reclasificación de uno (Plutón). Así, el Sistema Solar tiene cinco planetas enanos: Ceres, Plutón, Makemake, Haumea y Eris, por el momento.

Según la definición, en la actualidad hay ocho planetas y cinco planetas enanos conocidos en el Sistema Solar. La definición distingue los planetas de los cuerpos más pequeños y no es útil fuera del Sistema Solar, donde los cuerpos más pequeños no se pueden detectar con la tecnología actual. Los planetas extrasolares, o exoplanetas, se tratan por separado en virtud de un proyecto complementario de 2003 de directriz para la definición de los planetas, que los distingue de las estrellas enanas que son más grandes.

Vamos a presentarlos uno por uno los cuerpos que integran el Sistema Solar:

MERCURIO

Mercurio es el planeta más cercano al Sol y el planeta más pequeño del Sistema Solar. Es un planeta telúrico¹ en el interior del Sistema Solar. Recibe su nombre del dios romano Mercurio.

No tiene ningún satélite natural. Es uno de los cinco planetas que pueden verse desde la Tierra a simple vista. Se ha observado con el telescopio sólo desde el siglo XVII. Últimamente, se estudió por dos sondas espaciales: Mariner 10 (tres veces en 1974-1975) y Messenger (dos veces en 2008).

Aunque puede ser visto a simple vista, no es fácilmente observable, precisamente porque es el planeta más cercano al Sol. Su lugar en la bóveda celeste se encuentra muy cerca del Sol y se puede también observar sólo alrededor de las elongaciones, un poco antes del amanecer y un poco después del atardecer. Sin embargo, las misiones espaciales nos han dado la información suficiente, lo que muestra sorprendentemente que Mercurio es muy similar a la Luna.

¹ Un planeta telúrico es un planeta que está compuesto principalmente de rocas de silicato. Dentro del Sistema Solar, los planetas terrestre (o telúrico) son los planetas interiores más cercanos al Sol.

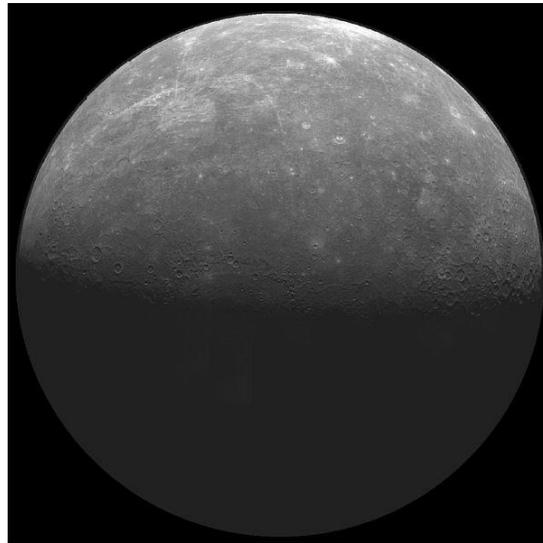


Fig. 2: Mercurio

Vale la pena mencionar algunas características del planeta: es el más pequeño del Sistema Solar y el más cercano al Sol. Tiene la órbita más excéntrica ($e = 0,2056$) y también la más inclinada en sentido contrario a la eclíptica ($i = 7^\circ 005$). Su período sinódico es de 115,88 días, lo que significa que tres veces al año se sitúa en una posición de máxima elongación oeste del Sol (también se le llama "la estrella de la mañana", y en las tres posiciones de máxima elongación al este del Sol se llama "la estrella de la tarde"). En cualquiera de estos casos, la elongación no excede los 28° .

Su radio de 2440 kilómetros hace que sea el planeta más pequeño del Sistema Solar, más pequeño incluso que dos de los satélites galileanos de Júpiter: Ganímedes y Calisto.

La densidad de $5,427 \text{ g/cm}^3$ la convierte en la más espesa después de la de la Tierra ($5,5 \text{ g/cm}^3$). El hierro podría ser el principal elemento pesado (70% contra el 30 y materia rocosa), que contribuye a la gran densidad de Mercurio.

En general, se asegura que Mercurio no tiene atmósfera, lo cual no es correcto pero su atmósfera es muy poco común.

Mercurio es el único planeta (aparte de la Tierra) con un campo magnético significativo, que, aunque es del orden de $1/100$ de la del campo magnético terrestre, es suficiente para crear una magnetosfera, que se extiende hasta 1,5 radios planetarios, frente a 11,5 radios en el caso de la Tierra. Por último, hay otra analogía con la Tierra: el campo magnético es bipolar, con un eje magnético inclinado 11° , frente al eje de rotación.

En Mercurio las temperaturas varían enormemente. Cuando el planeta pasa por el perihelio, la temperatura puede llegar a 427°C en el ecuador, a mediodía, es decir, suficiente para provocar la fusión de un metal como el zinc. Sin embargo, inmediatamente después de la caída la noche, la temperatura puede bajar a -183°C , lo que hace que el aumento de la variación diurna sea de 610°C !. Ningún otro planeta sufre una diferencia tan grande, que puede ser debida a la intensa radiación solar durante el día, la ausencia de una atmósfera densa y la duración del día de Mercurio (el intervalo entre el amanecer y el atardecer es de

casi tres meses terrestres, es decir, tiempo suficiente para almacenar calor o, análogamente, frío durante una noche de igual longitud).

Características Orbitales, Época J2000	
Afelio	69,816,900 km, 0.466 697 AU
Perihelio	46,001,200 km, 0.307 499 AU
Semi-eje mayor	57,909,100 km, 0.387 098 AU
Excentricidad	0.205 630
Período orbital	87.969 1 d, (0.240 846 a), 0.5 día solar de Mercurio
Período sinódico	115.88 d
Velocidad media orbital	47.87 km/s
Anomalía media	174.796°
Inclinación	7.005° sobre la eclíptica
Longitud del nodo ascendente	48.331°
Argumento del perihelio	29.124°
Satélite	Ninguno

Características físicas			
Radio medio	2,439.7 ± 1.0 km; 0.3829 Tierras		
Achatamiento	0		
Superficie	7.48 × 10 ⁷ km ² ; 0.147 Tierras		
Volumen	6.083 × 10 ¹⁰ km ³ ; 0.056 Tierras		
Masa	3.3022 × 10 ²³ kg; 0.055 Tierras		
Densidad media	5.427 g/cm ³		
Gravedad superficial en el ecuador	3.7 m/s ² ; 0.38 g		
Velocidad de escape	4.25 km/s		
Período sideral	58.646 días; 1407.5 h		
Albedo	0.119 (bond); 0.106 (geom.)		
Temperatura de la superficie	Min	medio	max
0 ° N, 0 ° W	100 K	340 K	700 K
85 ° N, 0 ° W	80 K	200 K	380 K
Magnitud Aparente	-2.3 to 5.7		
Momento angular	4.5" – 13"		

Atmósfera

Traza de la presión en la superficie

Composición: 42% oxígeno molecular, 29,0% sodio, 22,0% hidrógeno, 6,0% helio, 0,5% potasio. Trazas de argón, nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua, xenón, cripton y neón.

Tenemos que decir algunas cosas sobre la superficie del planeta.

Los cráteres de Mercurio son muy similares a los de la Luna en la morfología, la forma y estructura. El más notable es el de la cuenca de Caloris, testimonio de una gran catástrofe.

Los impactos que generan cuencas son los acontecimientos más catastróficos que pueden afectar la superficie de un planeta. Pueden causar el cambio de la corteza planetaria, e incluso

desórdenes internos. Esto es lo que sucedió cuando se formó el cráter Caloris con un diámetro de 1.550 kilómetros.

El avance del perihelio de Mercurio

El avance del perihelio de Mercurio está confirmado. Al igual que cualquier otro planeta, el perihelio de Mercurio no es fijo, sino que tiene un movimiento regular alrededor del Sol. Mucho tiempo se consideró que este movimiento era de 43 segundos de arco por siglo más rápido comparado con las previsiones de la mecánica celeste clásica "newtonianas". Este avance del perihelio fue predicho por la teoría general de la relatividad de Einstein, siendo la causa la curvatura del espacio debido a la masa solar. La coincidencia entre el avance observado del perihelio y el predicho por la relatividad general fue la prueba en favor de la validez de la hipótesis de esta última.

VENUS

Venus es uno de los ocho planetas del Sistema Solar y uno de los cuatro planetas del sistema telúrico en el sistema interno, el segundo en distancia al Sol. Lleva el nombre de la diosa romana del amor y la belleza.

Su cercanía al Sol, la estructura y la densidad de la atmósfera de Venus hace que sea uno de los cuerpos más calientes en el Sistema Solar. Cuenta con un campo magnético muy débil y no tiene satélites naturales. Es uno de los planetas con un movimiento de revolución retrógrada y el único con un período de rotación mayor que el período de la revolución. Es el cuerpo más brillante en la bóveda celeste después del Sol y la Luna.

Es el segundo planeta más distante del Sol (situado entre Mercurio y la Tierra), a aproximadamente 108,2 millones kilómetros del Sol. La trayectoria de Venus alrededor del Sol es casi un círculo: su órbita tiene una excentricidad de 0,0068, es decir, la más pequeña del Sistema Solar. Un año de Venus es algo más corto que un día sideral de Venus, en una proporción de 0,924.

Su tamaño y estructura geológica es similar a la de la Tierra. La atmósfera es muy densa. La mezcla de CO₂ y densas nubes de dióxido de azufre crean el mayor efecto invernadero del Sistema Solar, con temperaturas de aprox. 460 ° C. Temperatura de la superficie de Venus es mayor que la de Mercurio, aunque Venus se encuentra casi dos veces más alejado del Sol que Mercurio, y sólo recibe aproximadamente el 25% de la radiación solar que Mercurio. La superficie del planeta tiene un relieve casi uniforme. Su campo magnético es muy débil, pero que arrastra una cola de plasma de 45 millones kilómetros de largo, observada por primera vez por el SOHO en 1997.

Las característica más notable de Venus es su rotación retrógrada; gira alrededor de su eje muy lentamente y en sentido contrario a las agujas del reloj, mientras que los planetas del Sistema Solar lo hace menudo en sentido horario (hay otra excepción: Urano). Su período de rotación se ha conocido sólo de 1962. Esta rotación - lenta y retrógrada - produce días solares mucho más cortos que el día sideral, siendo estos días más largos en los planetas con rotación en sentido horario. En consecuencia, hay menos de 2 días completos en un año solar de

Venus. Las causas de la rotación retrógrada de Venus no se han aclarado todavía. La explicación más probable sería una colisión gigante con otro cuerpo de grandes dimensiones en la formación de los planetas del Sistema Solar. También podría ser que la atmósfera de Venus influyera en la rotación del planeta debido a su gran densidad.

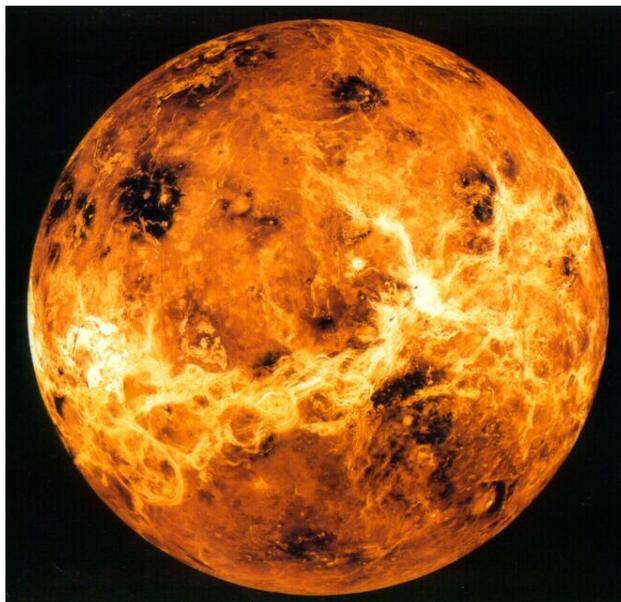


Fig. 3: Venus

Venus – la hermana gemela de la Tierra. Analogía.

- Nacieron al mismo tiempo, desde el mismo gas y nubes de polvo, hace 4,6 millones de años.
- ambos son planetas del Sistema Solar interno
- sus superficies tienen un terreno variado: montañas, campos, valles, altiplanos, volcanes, cráteres de impacto, etc
- ambos tienen un número relativamente pequeño de los cráteres, un signo de una superficie relativamente joven y de una atmósfera densa
- tienen parecidas composiciones químicas.

Propiedades	Venus	Tierra	Relación Venus/Tierra
Masa	$4,8685 \times 10^{24}$ kg	$5,9736 \times 10^{24}$ kg	0,815
Radio Ecuatorial	6 051 km	6 378 km	0,948
Densidad media	5,204 g/cm ³	5,515 g/cm ³	0,952
Semieje mayor	108 208 930 km	149 597 887 km	0,723
Velocidad orbital media	35,02 km/s	29,783 km/s	1,175
Gravedad superficial	8,87 m/s ²	9,780327 m/s ²	0,906

Tránsito de Venus

El tránsito de Venus se produce cuando el planeta pasa entre la Tierra y el Sol, y la sombra de Venus cruza el disco solar. Debido a la inclinación de la órbita de Venus, frente a la terrestre, este fenómeno es muy raro en nuestra escala de tiempo. Tiene lugar dos veces cada 8 años, a este doble tránsito le separa del siguiente más de un siglo (105,5 y 121,5 años). Los últimos tránsitos tuvieron lugar el 8 de junio de 2004 y el 6 de junio de 2012 y para el siguiente habrá de esperar hasta el 11 de diciembre 2117.

Características Orbitales, Época J2000	
Afelio	108,942,109 km, 0.728 231 28 AU
Perihelio	107,476,259 km, 0.718 432 70 AU
Semieje mayor	108,208,930 km, 0.723 332 AU
Excentricidad	0.006 8
Periodo orbital	224.700 69 día, 0.615 197 0 yr, 1.92 Venus día solar
Periodo sinódico	583.92 días
Velocidad orbital media	35.02 km/s
Inclinación	3.394 71° sobre elíptica, 3.86° Ecuador del Sol
Longitud del nodo ascendente	76.670 69°
Argumento del perihelio	54.852 29°
Satélites	None

Características físicas	
Radio medio	6,051.8 ± 1.0 km, 0.949 9 Tierras
Achatamiento	0
Superficie	4.60 × 10 ⁸ km ² , 0.902 Tierras
Volumen	9.38 × 10 ¹¹ km ³ , 0.857 Tierras
Masa	4.868 5 × 10 ²⁴ kg, 0.815 Tierras
Densidad media	5.204 g/cm ³
Gravedad superficial en el ecuador	8.87 m/s ² , 0.904 g
Velocidad de escape	10.46 km/s
Período sideral	-243.018 5 day
Albedo	0.65 (geom) or 0.75 (bond)
Temperature en la superficie (media)	461.85 °C
Magnitud aparente	up to -4.6 (creciente), -3.8 (lleno)
Momento angular	9.7" – 66.0"

Atmósfera

Presión en la superficie 93 bar (9,3 MPa)

Composición: ~96,5% dióxido de carbono, ~3,5% nitrógeno, 0,015% dióxido de sulfuro, 0,007% argón, 0,002% vapor de agua, 0,001 7% monóxido de carbono, 0,0012% helio, 0,0007% neón.

LA TIERRA

La Tierra es el tercer planeta más distante del Sol en el Sistema Solar, y es el quinto en dimensiones. Pertenece a los planetas interiores. Es el planeta telúrico más grande y el único en el Universo conocido donde logró adaptarse la vida. La Tierra se formó aprox. 4,57 mil millones años atrás. Su único satélite natural, la Luna, comenzó su órbita poco después de la de la Tierra, hace unos 4533 millones años. La edad del Universo es de aproximadamente 13,7 millones de años. 70,8% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua, el resto del 29,2% es sólido y "seco". La zona cubierta de agua se divide en los océanos y la tierra se divide en los continentes.



Fig. 4: La Tierra

Entre la Tierra y el resto del Universo existe una interacción permanente. Así, la Luna es la causa de las mareas. Además, ha influido de forma continua en la velocidad del movimiento de rotación de la Tierra. Todos los cuerpos del globo terrestre, son atraídos por la Tierra, la fuerza de atracción se llama gravedad y la aceleración con la que estos cuerpos caen en el campo gravitacional se llama aceleración gravitatoria (se denota con una "g" = 9,81 m/s²). Se cree que la razón de la aparición de los océanos fue una "lluvia" de los cometas en un período temprano de la Tierra. Más tarde, los impactos de asteroides ayudaron a modificar el medio ambiente de manera decisiva. Los cambios en la órbita del planeta pueden considerarse como los responsables de las edades de hielo que tuvieron lugar en la historia, que cubrieron la superficie terrestre con una capa de hielo.

Características Orbitales, Época J2000	
Afelio	152,097,701 km; 1.0167103335 AU
Perihelio	147,098,074 km; 0.9832898912 AU
Semi-eje mayor	149,597,887.5 km; 1.0000001124 AU
Excentricidad	0.016710219
Periodo orbital	365.256366 días; 1.0000175 yr
Velocidad orbital media	29.783 km/s; 107,218 km/h
Inclinación	1.57869
Longitud del nodo ascendente	348.73936°
Argumento del perihelio	114.20783°
Satélites	1 (la Luna)

Características físicas			
Radio medio	6,371.0 km		
Radio ecuatorial	6,378.1 km		
Radio polar	6,356.8 k		
Achatamiento	0.003352		
Superficie	510,072,000 km ²		
Volumen	1.0832073 × 10 ¹² km		
Masa	5.9736 × 10 ²⁴ kg		
Densidad media	5.515 g/cm ³		
Gravedad superficial en el ecuador	9.780327 m/s ² [9]; 0.99732 g		
Velocidad de escape	11.186 km/s		
Período sideral	0.99726968 d; 23 ^h 56 ^m 4.100 ^s		
Albedo	0.367		
Temperatura superficial (media)	min	medio	max
	-89 °C	14 °C	57.7 °C

Atmósfera

Presión en la superficie 101,3 kPa

Composición: 78,08% nitrógeno (N₂), 20,95% oxígeno (O₂), 0,93% argón, 0,038% dióxido de carbono; sobre un 1% vapor de agua (varía con el clima).

MARTE

Marte es el cuarto planeta en distancia al Sol en el Sistema Solar y el segundo en dimensiones después del Mercurio (que es el más pequeño). Pertenece al grupo de los planetas telúricos. Lleva el nombre del dios romano de la guerra, Marte, debido a su color rojizo. Varias misiones espaciales lo han estudiado desde 1960 para averiguar lo más posible acerca de su geografía, clima, así como otros detalles.

Marte puede ser observado a simple vista. Es menos brillante que Venus y sólo rara vez más brillante que Júpiter. Sobrepasa al último durante sus configuraciones más favorables (oposiciones). De entre todos los cuerpos del Sistema Solar, el planeta rojo es el que más ha atraído la mayoría de los autores de ciencia ficción. La razón principal de esto son sus famosos canales, así llamados por primera vez en 1858 por Giovanni Schiaparelli y considerados el resultado de construcciones. El color rojo de Marte se debe al óxido de hierro III (también llamado hematites), que se encuentra en los minerales en su superficie. Marte tiene un relieve muy abrupto, tiene la montaña más alta del Sistema Solar (el volcán Monte Olympus), con una altura de aprox. 25 km, así como el mayor cañón (Valles Marineris), con una profundidad media de 6 km.

Marte tiene en el centro un núcleo de hierro con un diámetro de aprox. 1700 kilómetros, cubierto con un manto olivino y una corteza basáltica, con una anchura media de 50 km. Marte está rodeado por una atmósfera densa, compuesta principalmente de dióxido de carbono. Solía tener una hidrosfera activa, es decir, hubo agua en Marte alguna vez. Tiene dos satélites naturales, Fobos y Deimos, probablemente asteroides capturados por el planeta. El diámetro de Marte es dos veces menor que el de la Tierra y su superficie es igual a la de los continentes. Su masa es sólo un poco más pequeña que la décima parte de la terrestre. Su masa volumen es la más débil entre los planetas telúricos, lo que hace que su gravedad sea sólo algo menor que la de Mercurio, aunque su masa sea dos veces mayor.

La inclinación del eje de Marte es similar a la de la Tierra, es por eso que en Marte hay estaciones como en la Tierra. Las dimensiones de los casquetes polares varían enormemente durante las estaciones a través del intercambio de dióxido de carbono y agua con la atmósfera. Otro punto en común, el día marciano es sólo 39 minutos mayor que el terrestre. Por el contrario, debido a su relativa lejanía del Sol, el año marciano tiene algo más de 322 días que el año terrestre.

Marte es el planeta más cercano exterior a la Tierra. Esta distancia es menor cuando Marte está en oposición, es decir, cuando se encuentra enfrente del Sol, visto desde la Tierra. Dependiendo de elipticidad y de la inclinación de las órbitas, el momento exacto del cierre puede variar en un par de días.



Fig. 5: Marte

El 27 de agosto de 2003 Marte estaba sólo a 55,758 millones de km de distancia de la Tierra, es decir, a sólo 0,3727 UA, la distancia más pequeña registrada en los últimos 59.618 años. Tal evento, dió paso a todo tipo de fantasías, por ejemplo, que Marte podría haber sido visto tan grande como la Luna. Sin embargo, con un diámetro aparente de 25.13 segundos de arco, Marte puede verse a simple vista como un punto, mientras que la Luna se extiende sobre un diámetro aparente de aprox. 30 minutos de arco. Una cercanía similar tendrá lugar el 28 de agosto 2287, cuando la distancia entre los dos planetas sea de 55.688 millones de km.

Características Orbitales, Época J2000	
Afelio	249,209,300 km; 665 861 AU
Perihelio	206,669,000 km; 381 497 AU
Semi-eje mayor	227,939,100 km; 1.523 679 AU
Excentricidad	0.093 315
Período orbital	686.971 días; 1.8808 años Julianos
Período sinódico	779.96 días; 2.135 años Julianos
Velocidad orbital media	24.077 km/s
Inclinación	1.850° a la eclíptica; 5.65° al ecuador del Sol
Longitud del nodo ascendente	49.562°
Argumento del perihelio	286.537°
Satélites	2

Características físicas	
Radio ecuatorial	3,396.2 ± 0.1 km; 0.533 Tierras
Radio polar	3,376.2 ± 0.1 km; 0.531 Tierras
Achatamiento	0.005 89 ± 0.000 15
Superficie	144,798,500 km ² ; 0.284 Tierras
Volumen	1.6318 × 10 ¹¹ km ³ ; 0.151 Tierras
Masa	6.4185 × 10 ²³ kg; 0.107 Tierras
Densidad media	3.934 g/cm ³
Gravedad superficial en el ecuador	3.69 m/s ² ; 0.376 g
Velocidad de escape	5.027 km/s
Período sideral	1.025 957 día
Albedo	0.15 (geom) or 0.25 (bond)
Temperatura superficial	min medio max -87 °C -46 °C -5 °C
Magnitud aparente	+1.8 to -2.91
Diámetro angular	3.5—25.1"

Atmósfera

Presión en la superficie 0.6–1.0 kPa

Composición 95.72% dióxido de carbono; 2.7% nitrógeno; 1.6% argón; 0.2% Oxígeno; 0.07% monóxido de carbono; 0.03% vapor de agua; 0.01% óxido nítrico; 2.5 ppm neón; 300 ppb cripton; 130 ppb formaldeído; 80 ppb Xenón; 30 ppb ozono; 10 ppb metano.

JÚPITER

Júpiter es el quinto planeta en distancia al Sol y el más grande de todos los planetas de nuestro Sistema Solar. Su diámetro es 11 veces mayor que el de la Tierra, su masa 318 veces mayor y su volumen de 1300 veces mayor.

- órbita: 778.547.200 kilómetros del Sol
- diámetro: 142.984 kilómetros (Ecuatorial)
- masa: 1.8986×10^{27} kg

Júpiter es el cuarto objeto más brillante del cielo (tras el Sol, la Luna, Venus y a veces Marte). Se conoce desde tiempos prehistóricos. El descubrimiento de sus cuatro grandes satélites: Io, Europa, Ganimedes y Calisto (conocidos como los satélites galileanos) por Galileo Galilei y Simon Marius en 1610 fue el primer descubrimiento de un centro de movimiento aparente no centrado en la Tierra. Fue un punto importante a favor de la teoría heliocéntrica del movimiento planetario de Nicolás Copérnico. La comprobación por Galileo de la teoría del movimiento de Copérnico le trajo problemas con la Inquisición. Antes de las misiones Voyager, se conocían sólo 16 de sus satélites.

La composición de Júpiter tiene probablemente un núcleo de material sólido, que asciende hasta 10 o incluso 15 veces la masa de la Tierra. Por encima de este núcleo está la parte principal del planeta, compuesta de hidrógeno metálico líquido. Debido a la temperatura y la presión dentro de Júpiter, el hidrógeno es un líquido y no un gas. Esto es un conductor eléctrico y la fuente del campo magnético de Júpiter. Esta capa contiene algo de helio y algunos restos de "deriva de hielo".

La capa de la superficie está compuesta principalmente de hidrógeno molecular y helio, líquido dentro y gaseoso fuera. La atmósfera que vemos es sólo la parte superior de esta profunda capa. El agua, el dióxido de carbono, el metano, así como otras moléculas simples también están presentes en pequeñas cantidades.

La atmósfera de Júpiter se compone de aprox. 86% de hidrógeno y helio 14% (según el número de átomos, aprox. 75/25% en masa) con rastros de metano, agua, amoníaco y "piedra". Esto es muy parecido a la estructura original de la nebulosa solar, de la que todo el Sistema Solar se formó. Saturno tiene una composición similar, mientras que Urano y Neptuno tienen menos hidrógeno y helio.

La Gran Mancha Roja (GRS) se observó por primera vez por los telescopios terrestres, más de 300 años atrás. Es un óvalo de aproximadamente 12.000 por 25.000 kilómetros, lo suficientemente grande como para abarcar dos Tierras. Es una región de alta presión, cuyas nubes superiores son mucho más altas y más frías que las zonas circundantes. Estructuras

similares se han observado en Saturno y Neptuno. La forma en que este tipo de estructuras resisten tanto tiempo no se ha dilucidado aún.



Fig. 6: Júpiter

En Júpiter y otros planetas gaseosos soplan vientos a gran velocidad en grandes bandas de latitud. Los vientos soplan en direcciones opuestas en dos bandas adyacentes. La temperatura de las pequeñas o las diferencias de composición química son responsables de la diferente coloración de las bandas, un aspecto que domina la imagen del planeta. La atmósfera de Júpiter es muy turbulenta. Esto demuestra que los vientos son impulsados, en gran medida, por el calor interno del planeta y que no provienen del Sol, como pasa en la Tierra.

La Magnetosfera de Júpiter tiene un campo magnético enorme, 14 veces más fuerte que el de la Tierra. Su magnetosfera se extiende sobre unos 650 millones de km (más allá de la órbita de Saturno). Los satélites de Júpiter se incluyen en su atmósfera, lo que explica parcialmente la actividad en Io. Un gran inconveniente para los viajes espaciales del futuro, así como un problema para los diseñadores de las sondas Voyager y Galileo, es que en el medio circundante de Júpiter hay grandes cantidades de partículas capturadas por el campo magnético de Júpiter. Esta "radiación" es similar, pero mucho más intensa que la observada en los cinturones de Van Allen de la Tierra. Sería letal para cualquier ser humano sin protección. La sonda Galileo descubrió una radiación nueva e intensa entre los anillos de Júpiter y los estratos superiores de la atmósfera. Este nuevo cinturón de radiación tiene una intensidad de aprox. 10 veces mayor que la de los cinturones de Van Allen en la Tierra. Sorprendentemente, este nuevo cinturón contiene iones de helio de alta energía, de origen desconocido.

Júpiter tiene anillos como Saturno, pero mucho más escuálidos y pequeños. A diferencia de los de Saturno, los anillos de Júpiter son oscuros. Es probable que se compongan de pequeños granos de material rocoso. A diferencia de los anillos de Saturno, éstos no parecen contener hielo. Probablemente, las partículas de los anillos de Júpiter no permanecen allí por mucho tiempo (a causa de la atmósfera y la atracción magnética). La sonda Galileo encontró pruebas claras que indican que los anillos son continuamente alimentados por el polvo formado por los impactos de los micro meteoritos con el interior, que son muy energéticos, debido al tamaño del campo gravitacional de Júpiter.

Características Orbitales, Época J2000	
Afelio	816,520,800 km (5.458104 AU)
Perihelio	740,573,600 km (4.950429 AU)
Semi-eje mayor	778,547,200 km (5.204267 AU)
Excentricidad	0.048775
Periodo orbital	4,331.572 días; 11.85920 yr; 10,475.8 días solares de Júpiter
Periodo sinódico	398.88 días
Velocidad orbital media	13.07 km/s
Anomalía media	18.818°
Inclinación	1.305° de la eclíptica; 6.09° del ecuador del Sol
Longitud del nodo ascendente	100.492°
Argumento del perihelio	275.066°
Satélites	67

Características físicas	
Radio ecuatorial	71,492 ± 4 km; 11.209 Tierras
Radio polar	66,854 ± 10 km; 10.517 Tierras
Achatamiento	0.06487 ± 0.00015
Superficie	6.21796×10 ¹⁰ km ² ; 121.9 Tierras
Volumen	1.43128×10 ¹⁵ km ³ ; 1321.3 Tierras
Masa	1.8986×10 ²⁷ kg; 317.8 Tierras; 1/1047 Sol
Densidad media	1.326 g/cm ³
Gravedad superficial en el ecuador	24.79 m/s ² ; 2.528 g
Velocidad de escape	59.5 km/s
Período sideral	9.925 h
Albedo	0.343 (bond); 0.52 (geom.)
Magnitud aparente	-1.6 to -2.94
Diámetro angular	29.8" — 50.1"

Atmósfera

Presión en la superficie 20–200 kPa (capas de nubes)

Composición: 89.8±2,0% hidrogeno (H₂), 10,2±2.0% helio, ~0,3% metano, ~0,026% amoniaco, ~0,003% hidrogeno deuterio (HD), 0,0006% etano, 0,0004% agua. Hielos de: amoniaco, agua, hidrosulfuro de amonio (NH₄SH).

SATURNO

Saturno es el sexto planeta más distante del Sol en el Sistema Solar. Es un planeta gigante gaseoso, el segundo en masa y volumen después de Júpiter. Tiene un diámetro aproximado de nueve veces mayor que el de la Tierra y está compuesto sobre todo de hidrógeno. Lleva el nombre del dios romano Saturno.

Masa y dimensiones: Saturno tiene la forma de esferoide aplanado: es achatado en los polos e hinchado en el ecuador. Su diámetro ecuatorial y polar difieren aprox. en un 10%, como consecuencia de su rápida rotación alrededor de su eje y de una composición interna muy fluida. Los otros planetas gaseosos gigantes del Sistema Solar (Júpiter, Urano, Neptuno) también son aplanados, pero menos evidente.

Saturno es el segundo planeta más masivo del Sistema Solar, 3,3 veces más pequeño que Júpiter, pero 5,5 más grande que Neptuno y 6,5 veces más grande que Urano. Es 95 veces más masivo que la Tierra. Su diámetro es de casi 9 veces mayor que el de la Tierra.

Saturno es el único planeta del Sistema Solar, cuyo promedio masa-volumen es menor que la del agua: 0,69 g/cm. Esto significa que su atmósfera, compuesta sobre todo de hidrógeno, es menos densa que el agua, pero su núcleo es mucho más denso.

La atmósfera: Al igual que Júpiter, la atmósfera de Saturno se organiza en bandas paralelas, aunque estas son menos visibles y más grandes en el ecuador. En realidad, los sistemas de nubes de Saturno (así como las tormentas de larga duración) fueron observadas por primera vez por las misiones Voyager. La nube observada en 1990 es un ejemplo de una mancha blanca grande, un fenómeno efímero de Saturno que tiene lugar cada 30 años. Si la periodicidad sigue siendo la misma, la próxima tormenta tendrá lugar probablemente en 2020. La atmósfera de Saturno se somete a una rotación diferencial.

En 2006 la NASA observó una tormenta de las dimensiones de un huracán, estacionado en el polo Sur, que tenía un ojo bien definido. Es el único ojo observado en otro planeta salvo en la Tierra.

Los anillos de Saturno: dan uno de los espectáculos más hermosos del Sistema Solar, que constituyen su principal característica. A diferencia de los otros dos planetas gaseosos gigantes, que son muy brillantes (albedo de entre 0,2 y 0,6), los anillos de Saturno pueden verse a través de un par de binoculares. Poseen una actividad permanente: colisiones, acumulaciones de materia, etc

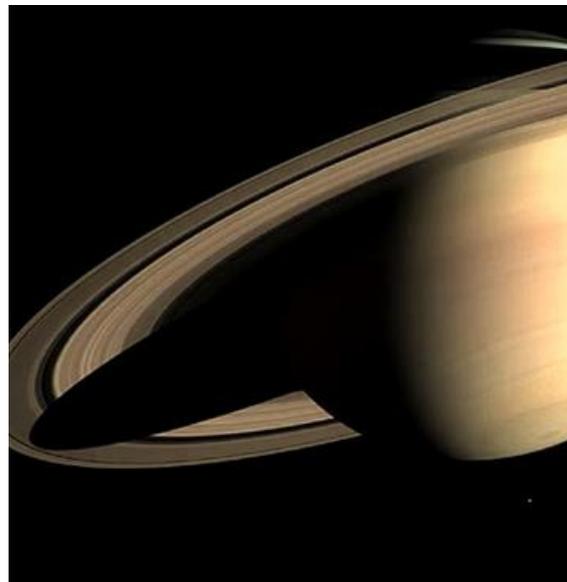


Fig. 7: Saturno

Saturno tiene un gran número de satélites. Es difícil decir cuántos hay, cualquier trozo de hielo de los anillos se puede considerar un satélite. En 2009 se identificaron 62 satélites. 53 fueron confirmados y se les dio nombres. La mayoría de son pequeños: 31 tienen un diámetro de menos de 10 km, mientras que 13 son de menos de 50 km. Sólo siete son lo suficientemente grandes para asumir una forma esférica bajo la influencia de su propia gravedad. Titán es el mayor de ellos, más grande que Mercurio y Plutón y el único satélite del Sistema Solar con una atmósfera densa.

Características Orbitales, Época J2000	
Afelio	1,513,325,783 km; 10.115 958 04 AU
Perihelio	1,353,572,956 km; 9.048 076 35 AU
Semi-eje mayor	1,433,449,370 km; 9.582 017 20 AU
Excentricidad	0.055 723 219
Período orbital	10,759.22 días; 29.4571 yr
Período sinódico	378.09 días
Velocidad media orbital	9.69 km/s
Anomalía media	320.346 750°
Inclinación	2.485 240° a la eclíptica; 5.51° al ecuador del Sol
Longitud del nodo ascendente	113.642 811°
Argumento del perihelio	336.013 862°
Satélites	~ 200 observados (61 con órbita fija)

Características físicas	
Radio ecuatorial	60,268 ± 4 km; 9.4492 Tierras
Radio polar	54,364 ± 10 km; 8.5521 Tierras
Achatamiento	0.097 96 ± 0.000 18
Superficie	4.27 × 10 ¹⁰ km ² ; 83.703 Tierras
Volumen	8.2713 × 10 ¹⁴ km ³ ; 763.59 Tierras
Masa	5.6846 × 10 ²⁶ kg; 95.152 Tierras
Densidad media	0.687 g/cm ³ ; (menor que el agua)
Gravedad superficial en el ecuador	10.44 m/s ² ; 1.065 g
Velocidad de escape	35.5 km/s
Período sideral	10.57 horas; (10 hr 34 min)
Velocidad de rotación ecuatorial	9.87 km/s; 35 500 km/h
Inclinación axial	26.73°
Albedo	0.342 (bond); 0.47 (geom.)
Magnitud aparente	+1.2 to -0.24
Diámetro angular	14.5" — 20.1" (excluidos los anillos)

Atmósfera

Escala de altura: 59.5 km

Composición: ~96% hidrógeno (H₂), ~3% helio, ~0.4% metano, ~0.01% amoníaco, ~0.01% Deuterio de hidrógeno (HD), 0.000 7% etano, hielo de: amoníaco, agua, hidrosulfuro de amonio ((NH₄SH))

URANO

Urano es un planeta gigante gaseoso. Es el séptimo más alejado del Sol en el Sistema Solar, el tercero en dimensiones y el cuarto en masa. Lleva el nombre del padre de Cronos (Saturno) y del abuelo de Zeus (Júpiter). Es el primer planeta descubierto en la época moderna. Aunque puede ser visto a simple vista como los otros 5 planetas clásicos, debido a su débil luminosidad que no era fácilmente identificable como planeta. William Herschel anunció su descubrimiento el 13 de marzo de 1781, ampliando así las fronteras del Sistema Solar por primera vez en la época moderna. Urano es el primer planeta descubierto por medio del telescopio.

Urano y Neptuno tienen composiciones internas y atmosféricas diferentes de la de los otros grandes planetas gaseosos, Júpiter y Saturno. Por eso, los astrónomos a veces los colocan en una categoría diferente, la de los gigantes helados o subgigantes.

La atmósfera de Urano, aunque se compone principalmente de hidrógeno y helio, también contienen grandes cantidades de hielo de agua, amoníaco y metano, así como huellas de hidrocarburos. Urano presenta la atmósfera más fría del Sistema Solar, que alcanza un mínimo de -224 C . Tiene una estructura compleja de nubes, las de los estratos más bajos podrían estar formados de agua y en los estratos superiores de metano. Como los otros planetas gigantes gaseosos, Urano tiene un sistema de anillos, una magnetosfera y numerosos satélites naturales. El sistema de Urano es único en el Sistema Solar, porque su eje de rotación está prácticamente en la órbita de su plano de revolución alrededor del Sol. Sus polos Norte y Sur están donde los otros planetas tienen su ecuador. En 1986, la Voyager 2 dio imágenes de Urano, que muestran un planeta sin características especiales en la luz visible, sin capas de nubes o nubes como en los otros planetas gaseosos. Sin embargo, observaciones recientes han mostrado signos de cambio de estación y un aumento de la actividad meteorológica, cuando Urano se acercaba a su equinoccio de diciembre de 2007. El viento puede alcanzar la velocidad de 250 m/s en su superficie.

Órbita y rotación: El período de revolución de Urano alrededor del Sol es de 84 años terrestres. Su distancia media al Sol es de aprox. 3 mil millones de kilómetros. La intensidad del flujo solar en Urano es de aprox. $1/400$ de la que recibe la Tierra.

El período de rotación de las capas interiores de Urano es de 17 horas y 14 minutos. Sin embargo, en la atmósfera superior tienen lugar vientos violentos en el sentido de rotación, como ocurre con todos los planetas gigantes gaseosos. En consecuencia, alrededor de los 60° de latitud, las partes visibles de la atmósfera viajan más rápido y hacen una rotación completa en menos de 14 horas.

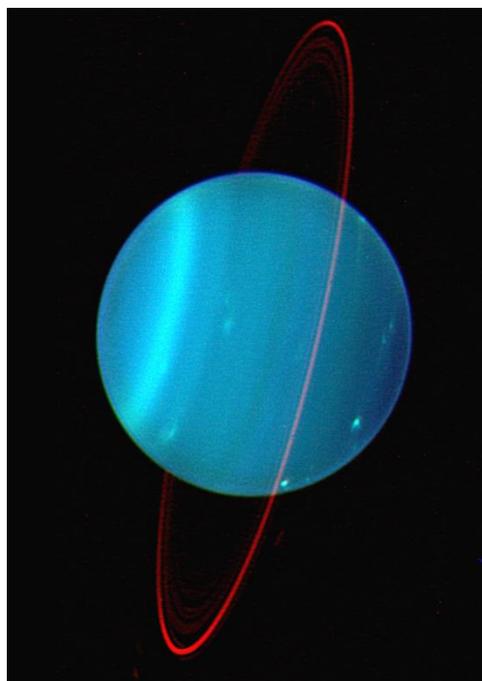


Fig. 8 Urano.

Urano es un planeta gigante, como Júpiter, Saturno y Neptuno. Aunque sabemos muy pocas cosas acerca de su composición interna, sabemos con certeza que es diferente de la de Júpiter o Saturno. En teoría, debería tener un núcleo sólido de silicatos de hierro, con un diámetro de

aprox. 7.500 km, rodeado por un escudo formado por hielo de agua mezclado con helio, metano y amoníaco, de 10.000 km de ancho, seguido de un estrato superficial de hidrógeno y helio líquido, de aprox. 7.600 kilómetros, que se derrite lentamente en la atmósfera. A diferencia de Júpiter y Saturno, Urano no es tan masiva como para conservar el hidrógeno en estado metálico alrededor de su núcleo. El color verde azulado se debe a la presencia de metano en la atmósfera, que absorbe todo el rojo y el infrarrojo. Urano tiene al menos 13 anillos principales.

A diferencia de cualquier otro planeta del Sistema Solar, Urano presenta un eje de rotación muy inclinado, casi paralelo a su plano orbital. Podríamos decir que rueda en su órbita y expone al Sol su polo Norte y su polo Sur sucesivamente. Una consecuencia de esta orientación es que las regiones polares reciben más energía del Sol que las ecuatoriales. Sin embargo, Urano permanece más cálido en el ecuador que en los polos, un mecanismo aún no explicado. Ninguna teoría sobre su inclinación puede pasar por alto la idea de una colisión catastrófica con otro cuerpo antes de su formación actual. Urano tiene al menos 27 satélites naturales. Los dos primeros fueron descubiertos por William Herschel el 13 de marzo de 1787 y fueron llamados Titania y Oberón.

Características Orbitales, Época J2000	
Afelio	3,004,419,704 km, 20.083 305 26 AU
Perihelio	2,748,938,461 km, 18.375 518 63 AU
Semi-eje mayor	2,876,679,082 km, 19.229 411 95 AU
Excentricidad	0.044 405 586
Periodo orbital	30,799.095 días, 84.323 326 yr
Periodo sinódico	369.66 día
Velocidad orbital media	6.81 km/s
Anomalía media	142.955 717°
Inclinación	0.772 556° a la eclíptica, 6.48° al Ecuador del Sol
Longitud del nodo ascendente	73.989 821°
Argumento del perihelio	96.541 318°
Satélites	27

Características físicas	
Radio ecuatorial	25,559 ± 4 km, 4.007 Tierras
Radio polar	24,973 ± 20 km, 3.929 Tierras
Achatamiento	0.022 9 ± 0.000 8
Superficie	8.115 6 × 10 ⁹ km ² , 15.91 Tierras
Volumen	6.833 × 10 ¹³ km ³ , 63.086 Tierras
Masa	(8.6810 ± 0.0013) × 10 ²⁵ kg, 14.536 Tierras
Densidad media	1.27 g/cm ³
Gravedad superficial en el ecuador	8.69 m/s ² , 0.886 g
Velocidad de escape	21.3 km/s
Período sideral	-0.718 33 día, 7 h 14 min 24
Velocidad de rotación ecuatorial	2.59 km/s, 9,320 km/h
Inclinación axial	97.77°
Albedo	0.300 (bond), 0.51 (geom.)
Magnitud aparente	5.9 to 5.32
Diámetro angular	3.3"-4.1"

Atmósfera

Composición (por debajo 1,3 bar): 83 ± 3% hidrógeno (H₂), 15 ± 3% helio, 2,3% metano, 0,009% (0,007-0,015%) deuterio de hidrógeno (HD). Hielos de: amoníaco, agua, hidrosulfuro de amonio (NH₄SH), metano (CH₄).

NEPTUNO

Neptuno es el octavo y el planeta más alejado del Sol en el Sistema Solar. Es también el último planeta gigante gaseoso. Fue descubierto por el astrónomo alemán Johann Gottfried Galle, el 23 de septiembre de 1847, siguiendo las indicaciones de Urbano Le Verrier, quien, como el astrónomo inglés John Couch Adams, había previsto a través del cálculo, que en esa región del cielo, podía ser encontrado. Lleva el nombre del dios romano de los mares.

Neptuno no es visible a simple vista y aparece como un disco de color verde azulado a través del telescopio. Ha sido visitado sólo una vez por la sonda espacial Voyager 2, que pasó cerca de él el 25 de agosto de 1989. Su satélite mayor es Tritón. Su composición interna es similar a la de Urano. Se cree que tiene un núcleo sólido formado de silicatos y hierro, casi tan grande como la masa de la Tierra. Su núcleo, al igual que Urano, está supuestamente cubierto con una composición bastante uniforme (rocas en fusión, hielo, el 15% de hidrógeno y algo de helio), no tiene ningún tipo de estructura en "capas" como Júpiter y Saturno.

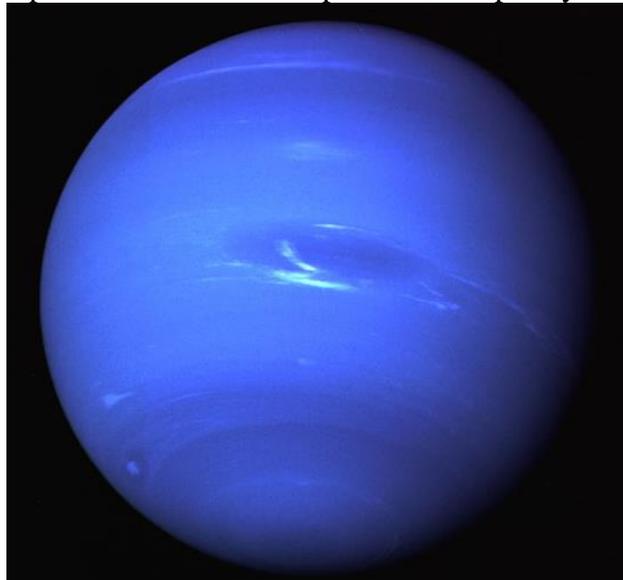


Fig. 9: Neptuno

Su color azulado proviene principalmente del metano, que absorbe la luz en las longitudes de onda del rojo. Parece que otra composición da a Neptuno su característico color azulado, pero que no se ha definido todavía.

Como los otros planetas gigantes gaseosos, tiene un sistema eólico formado de vientos muy rápidos en bandas paralelas al ecuador, de fuertes tormentas y vórtices. Los vientos más rápidos en Neptuno soplan a más de 2.000 km/h. Durante la visita de la Voyager 2, la formación más interesante observada fue la "Gran Mancha Oscura", que podría ser del tamaño de la "Gran Mancha Roja" de Júpiter. No se advirtió antes, durante las observaciones realizadas con el telescopio espacial Hubble. Los vientos pueden soplar allí a 300 m/s (1.080 km/h) o incluso hasta 2.500 km/h. Esta mancha podría ser un huracán gigante oscuro que supuestamente viaja a unos 1.000 km/h. Los anillos planetarios de Neptuno son poco visibles. Son oscuros, y su origen es aún desconocido. Neptuno tiene al menos 14 satélites naturales, entre los cuales el más importante es Tritón, descubierto por William Lassell sólo 17 días después del descubrimiento de Neptuno.

Características físicas	
Radio ecuatorial	24,764 ± 15 km, 3.883 Tierras
Radio polar	24,341 ± 30 km, 3.829 Tierras
Achatamiento	0.0171 ± 0.0013
Superficie	7.6408 × 10 ⁹ km ² , 14.98 Tierras
Volumen	6.254 × 10 ¹³ km ³ , 57.74 Tierras
Masa	1.0243 × 10 ²⁶ kg, 17.147 Tierras
Densidad media	1.638 g/cm ³
Gravedad superficial en el ecuador	11.15 m/s ² , 1.14 g
Velocidad de escape	23.5 km/s
Período sideral	0.6713 day, 16 h 6 min 36 s
Velocidad de rotación ecuatorial	2.68 km/s, 9,660 km/h
Inclinación axial	28.32°
Albedo	0.290 (bond), 0.41 (geom.) ^[7]
Magnitud aparente	8.0 to 7.78
Diámetro angular	2.2"–2.4

Características Orbitales, Época J2000	
Afelio	4,553,946,490 km, 30.44125206 AU
Perihelio	4,452,940,833 km, 29.76607095 AU
Semi-eje mayor	4,503,443,661 km, 30.10366151 AU
Excentricidad	0.011214269
Período orbital	60,190 días, 164.79 años
Período sinódico	367.49 día
Velocidad orbital media	5.43 km/
Anomalía media	267.767281°
Inclinación	1.767975° a la eclíptica, 6.43° al Ecuador del Sol
Longitud del nodo ascendente	131.794310°
Argumento del perihelio	265.646853°
Satélites	14

Atmósfera

Composición: 80±3,2% hidrógeno (H₂), 19±3,2% helio, 1,5±0,5% metano, ~0,019% hidrógeno deuterio (HD), ~0,00015 Etano. Hielos de: amoniaco, agua, hidrosulfuro de amonio (NH₄SH), metano.

Otros Cuerpos en el Sistema Solar

El medio interplanetario

Además de la luz, el Sol irradia un flujo continuo de partículas cargadas (plasma) llamado viento solar. Este flujo se disipa a una velocidad de 1,5 millones de km/h, creando así la heliosfera, una fina atmósfera que baña el Sistema Solar hasta aprox. 100 UA (marcado la heliopausa). La materia que constituye la heliosfera se llama medio interplanetario. El ciclo solar de 11 años, así como las frecuentes erupciones solares y eyecciones de masa coronal, perturban la heliosfera y crear un clima espacial. La rotación del campo magnético solar actúa sobre el medio interplanetario, creando la capa de heliosférica actual, que es la mayor estructura del Sistema Solar.

El campo magnético terrestre protege a la atmósfera del viento solar. La interacción entre el viento solar y el campo magnético terrestre provoca las auroras boreales. La heliosfera asegura una protección parcial del Sistema Solar de los rayos cósmicos, que es mayor en los planetas con un campo magnético.

El medio interplanetario tiene al menos dos regiones de polvo cósmico bajo la forma de disco. La primera, la nube de polvo zodiacal, está en el Sistema Solar interior y produce la luz zodiacal. Probablemente se formó a través de una colisión en el interior del cinturón de asteroides causado por las interacciones con los planetas. La segunda se extiende entre 10 y 40 UA y probablemente se formó durante colisiones similares en el Cinturón de Kuiper.

EL CINTURON DE ASTEROIDES

Los asteroides son principalmente pequeños cuerpos del Sistema Solar formados por rocas y minerales metálicos no volátiles. El cinturón de asteroides ocupa una órbita situada entre Marte y Júpiter, a una distancia de 2,3 y hasta 3,3 UA del Sol. Podrían ser restos del Sistema Solar en formación, que no han logrado hacer un cuerpo celeste mayor, debido a las interferencias gravitatoria de Júpiter.

El tamaño de los asteroides varía entre varios cientos de kilómetros hasta microscópicas motas de polvo. Todos, excepto el más grande, Ceres, se consideran pequeños cuerpos, aunque algunos de ellos como Vesta y Hygeia podrían ser clasificados como planetas enanos, si se demuestra que alcanzan equilibrio hidrostático. El cinturón de asteroides contiene miles, incluso millones de cuerpos con un diámetro de más de un kilómetro. Sin embargo, la masa total del cinturón no es mayor que la milésima parte de la de la Tierra.

Ceres (2,77 UA) es el mayor cuerpo en el cinturón de asteroides y el único planeta enano (clasificado así en 2006). Con un diámetro de casi 1.000 km, es suficiente para su gravedad le confiera su forma esférica.

COMETAS

Los cometas son pequeños cuerpos del Sistema Solar, con diámetros del orden de kilómetros, generalmente compuestos de hielos volátiles. Tienen órbitas muy excéntricas, con el perihelio a veces en el Sistema Solar interior, mientras que el afelio está más allá de Plutón. Cuando un cometa entra en el Sistema Solar interior, su proximidad al Sol lleva a la sublimación e ionización de su superficie, creando una cola: una larga cola formada de gas y polvo.

Cometas de periodo corto (por ejemplo, el cometa Halley) completan su órbita en menos de 200 años y parece que se originan en el Cinturón de Kuiper. Cometas de periodo largo (por ejemplo, el cometa Hale-Bopp) tienen una periodicidad de varios miles de años y parecen originarse en la nube de Oort. Por último, hay algunos cometas que tienen una trayectoria hiperbólica y parecen provenir de fuera del Sistema Solar. Cometas viejos que han perdido la mayor parte de sus componentes volátiles se consideran hoy asteroides.

Los Centauris, situados entre las 9 y 30 UA, son cuerpos de hielo similar a los cometas, que orbitan entre Júpiter y Neptuno. El mayor centauro conocido, Chariklo, tiene un diámetro de entre 200 y 250 km. El primer centauro descubierto, Quirón, fue considerado en un principio

un cometa, ya que desarrolló una cola como estos. Algunos astrónomos clasifican a los centauros como cuerpos del cinturón de Kuiper.



Fig. 10: Cometa

El cinturón de Kuiper es un gran anillo formado por los desechos provenientes de los escombros de un gran anillo, similar a la del cinturón de asteroides, pero se compone principalmente de hielo. La primera parte del cinturón de Kuiper se extiende entre 30 y los 50 UA del Sol y se detiene en "el acantilado Kuiper", donde comienza su segunda parte hasta 100 UA. Esta región se cree que es la fuente de cometas de corto período. Se componen principalmente de los pequeños cuerpos, así como de algunos más grandes, como Quaoar, Varuna o Orcus, que pueden ser clasificados como planetas enanos. El cinturón de Kuiper podría dividirse mayormente en los objetos "clásicos" y los objetos en resonancia con Neptuno. Un ejemplo en este efecto serían los plutinis que completan dos órbitas mientras que Neptuno ha completado tres.

PLUTÓN Y CARONTE

Plutón (39 UA de distancia media), un planeta enano, es el mayor cuerpo del cinturón de Kuiper conocido. Descubierta en 1930, fue considerado un planeta y re-clasificado en agosto de 2006. Plutón tiene una órbita excéntrica inclinada 17° en contra de su plano eclíptico. Su perihelio se extiende hasta las 29,7 UA y el afelio hasta las 49,5 UA.

El satélite más grande de Plutón, Caronte, es lo suficientemente grande para que el conjunto gravite entorno a un centro de gravedad situado por encima de la superficie de cada uno de los cuerpos. Otros dos pequeños satélites, Nix e Hidra, orbitan entorno a la pareja Plutón-Caronte. Plutón está en resonancia orbital de 3:2 con Neptuno (el planeta orbita dos veces el Sol, mientras Neptuno lo hace tres). Los cuerpos de cinturón de Kuiper que participan en esta resonancia se llaman plutinis (es decir pequeños Plutos).

Bibliografía

- Collin, S, Stavinschi, M., *Leçons d'astronomie*, Ed. Ars Docendi, 2003.
- Kovalevsky, J, *Modern Astrometry*, Springer Verlag, 2002.
- Nato A., *Advances in Solar Research at eclipses, from ground and from space*, eds. J.P. Zahn, M. Stavinschi, Series C: Mathematical and Physical Sciences, vol. 558, Kluwer Publishing House, 2000.
- Nato A, *Theoretical and Observational Problems Related to Solar Eclipses*, eds. Z. Mouradian, M. Stavinschi, Kluwer, 1997.