

# 5000

PREGUNTAS  
SOBRE LA CIENCIA

Manual de divulgación científica

# ASTRONOMÍA

Jaime Ruiz-Mateos



amazon

# **ÍNDICE**

## **Astronomía**

[Introducción a la obra](#)

[Introducción a este volumen](#)

[Contacto](#)

[Introducción a la Astronomía](#)

[Distancias y coordenadas](#)

[El sistema Tierra-Luna-Sol](#)

[Mecánica celeste](#)

[Observación del cielo](#)

[El Sistema Solar y la Vía Láctea](#)

[Los cuerpos celestes](#)

[Fenómenos astronómicos](#)

[Exploración del espacio](#)

[Cosmología](#)

## **INTRODUCCIÓN A LA OBRA**

¿Sabe usted lo que es un cuásar o una dorsal oceánica o un esqueje o la cromatografía? ¿Sabe usted las consecuencias del segundo principio de la Termodinámica o por qué el interior de la Tierra es líquido o quién descubrió el electrón? La Ciencia y la Tecnología hace tiempo que se instalaron en nuestras vidas pero pocas personas tienen una cultura científica general. El propósito de esta obra es paliar ese problema.

La obra está dividida en seis grandes bloques: Astronomía, Física, Química, Biología, Ciencias de la Tierra y Tecnología. Está basada en el formato de preguntas y respuestas, cortas la mayoría de ellas. Está dirigida a todas las personas que quieran ampliar su conocimiento científico-técnico, tanto los que los estudiaron y los olvidaron como los que nunca los han visto. La obra está focalizada en los conceptos, no en las fórmulas, de las que se ha prescindido casi totalmente. El lenguaje es accesible y ameno.

En cada una de las disciplinas científicas, se parte de un nivel básico de conocimientos, para poco a poco ir adquiriendo un nivel medio-alto.

Espero les sea amena e instructiva su lectura.

## **INTRODUCCIÓN A ESTE VOLUMEN**

La Astronomía es una ciencia fascinante. En los albores de la humanidad, el ser humano levantó la vista hacia el cielo estrellado, buscando explicaciones sobrenaturales a fenómenos cotidianos. Hoy en día, con técnicas de observación muy sofisticadas, la armonía de las esferas nos sigue inquietando. Pero la aparente armonía celeste esconde un Universo violento, con explosiones gigantescas, reacciones termonucleares y temperaturas extremas.

Este tomo es una guía general para el astrónomo aficionado, para los amantes de la Astronomía e incluso para el completo ignorante de la materia que quiere conocer los entresijos de la Astronomía teórica.

Este volumen está dividido en estas secciones:

1. Introducción.
2. Distancias y coordenadas.
3. El sistema Tierra-Luna-Sol.
4. Mecánica celeste.
5. Observación del cielo.
6. El Sistema Solar y la Vía Láctea.
7. Los cuerpos celestes.
8. Fenómenos astronómicos.
9. Exploración espacial.
10. Cosmología.

## CONTACTO

\* Página web: para ver otros títulos de la colección:

**[librosdefq.com](http://librosdefq.com)**

\* Correo electrónico de contacto: para hacer sugerencias e informar sobre errores:

**[librosdefq@gmail.com](mailto:librosdefq@gmail.com)**

\* Canal de experimentos de Youtube en español:



**EXPERIMENTOS DE FÍSICA Y QUÍMICA**

Subscríbese.

\* Canal de experimentos de Youtube en inglés:



**PHYSICS AND CHEMISTRY EXPERIMENTS**

Subscribe.

\* Amazon: para hacer valoraciones y comentarios sobre esta obra, a ser posible, positivos:

**[Amazon.es](http://Amazon.es)**

Gracias.



# ASTRONOMÍA



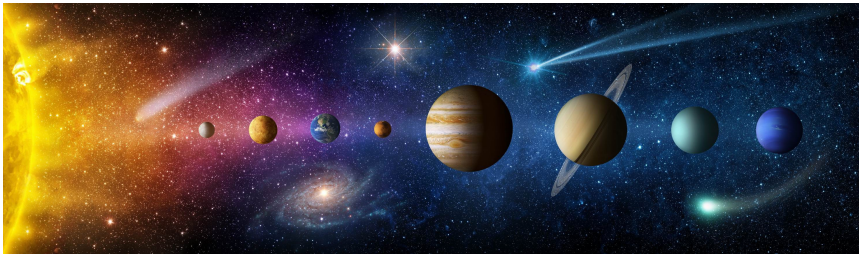
## **Introducción a la Astronomía**

¿Qué es la Astronomía?

Es la ciencia que estudia los cuerpos celestes: su composición, su movimiento, su origen, su evolución y su desaparición o transformación.

¿Qué es un cuerpo celeste?

Cualquier cuerpo que forma parte del Universo y también cualquier cuerpo que esté en el espacio exterior. Es sinónimo de astro y de objeto celeste.



Cuerpos celestes

¿Qué es el Universo?

El conjunto de todo lo que existe: masa, energía y espacio vacío. Es también, el conjunto de todos los cuerpos en el cielo.

¿Qué es el cosmos?

Es sinónimo de Universo, todo lo existente. Es también el conjunto de todo lo que está fuera de la Tierra.

¿Cuáles son las ramas de la Astronomía?

La astrofísica, la astrogeología, la astrobiología, la astronáutica, la mecánica celeste, la astrometría, la radioastronomía y la cosmología.

¿Qué estudia la astrofísica?

La aplicación de la física a la Astronomía.

¿Qué estudia la astrogeología?

La aplicación de la geología a la Astronomía.

¿Qué es la astrosismología?

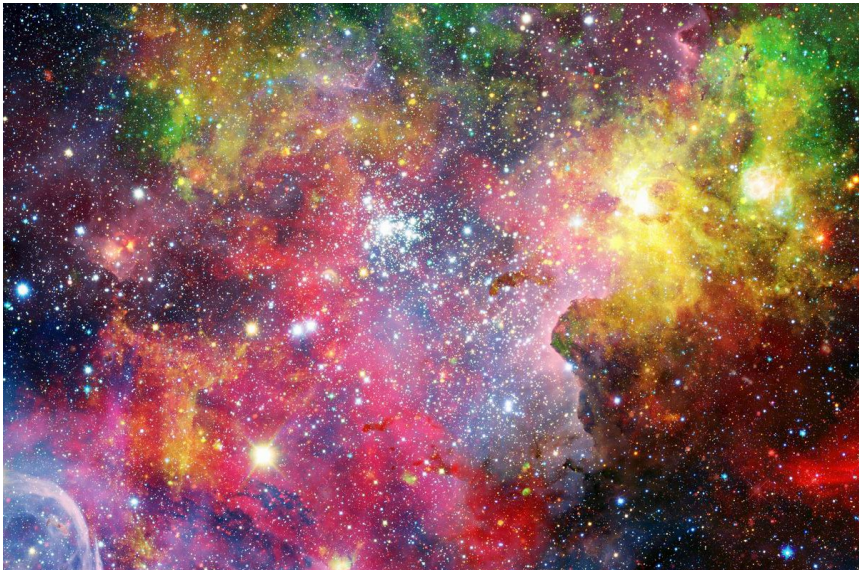
Es el estudio de los terremotos y otras vibraciones violentas que ocurren en el interior de las estrellas para conocer detalles sobre su estructura y evolución.

¿Qué es la astrobiología?

Es una rama interdisciplinaria de la Astronomía cuyo propósito es el estudio del origen, la evolución y la distribución de la vida en el Universo.

¿Qué es la astronáutica?

Es la ciencia y la técnica de navegación y exploración espaciales.



El Universo

¿Qué estudia la mecánica celeste?

El movimiento de los cuerpos celestes.

¿Qué estudia la astrometría?

La medida de la posición y de los movimientos de los cuerpos celestes.



¿Qué es la radioastronomía?

Es la rama de la Astronomía que estudia los cuerpos celestes por sus emisiones de radiación en la zona de las ondas de radio.

¿Qué es una radiofuente?

Es una fuente de ondas de radio procedente del espacio.

¿Qué estudia la cosmología?

El origen y la evolución del Universo.

¿Qué es la astrología?

Es una disciplina no científica que intenta predecir el carácter de las personas y su destino mediante la posición de las estrellas en el momento de su nacimiento. No tiene base científica alguna.

¿Qué es una estrella?

Es un cuerpo celeste que brilla con luz propia.

¿Qué es un planeta?

Es un cuerpo rocoso o gaseoso que orbita alrededor de una estrella y que ha limpiado su trayectoria de objetos celestes.

¿Qué son los objetos de cielo profundo?

Son los cúmulos de estrellas, las nebulosas y las galaxias.

¿Qué es una nebulosa?

Es un conjunto de gas interestelar y de polvo interestelar.

¿Qué es una galaxia?

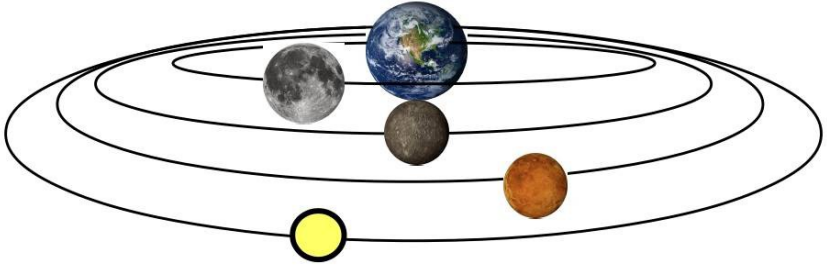
Es un conjunto enorme de estrellas que giran alrededor de un centro común.

¿Qué lugar ocupamos en el universo?

La Tierra está dentro del Sistema Solar, éste dentro de la Vía Láctea, ésta dentro del Grupo Local, éste dentro del supercúmulo de Virgo y este dentro del Universo.

¿Qué es la teoría geocéntrica?

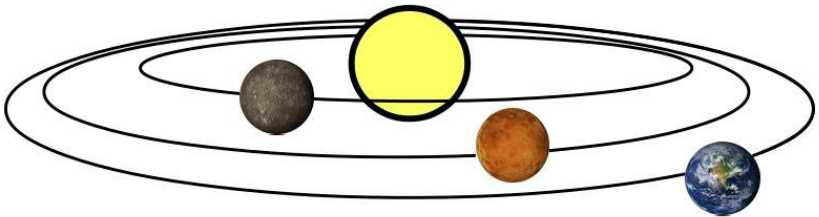
La que pensaba que la Tierra era el centro del universo y que el Sol, los planetas y las estrellas giraban en torno a ella. Es propia de las civilizaciones antiguas y la completó Ptolomeo en el siglo II.



Teoría geocéntrica

¿Qué es la teoría heliocéntrica?

La que pensaba que el Sol era el centro del universo y que la Tierra, los planetas y las estrellas giraban en torno a él. La dio Copérnico en el siglo XVI.



Teoría heliocéntrica

¿Cuál es el nombre de nuestra galaxia?  
La Vía Láctea o Camino de Santiago.



La Vía Láctea

¿Cuáles fueron las culturas antiguas que practicaron la Astronomía?  
Las culturas prehistóricas, Egipto, Babilonia, China, América precolombina, Grecia y Roma.

¿Qué aportó cada una de ellas?

Cultura	Qué aportó
Culturas prehistóricas	Templos y alineamientos de piedras según la posición del Sol. Ejemplos: Stonehenge y Carnac
Antiguo Egipto	Determinación aproximada de la duración del año, calendario egipcio, fases lunares, orientación de templos y pirámides según los astros
Babilonia	Sistema sexagesimal (1 h = 60 min), inventaron el zodiaco y la semana, medida de las posiciones de los planetas
China	Calendario chino, observaciones de estrellas y cometas
América precolombina	Calendario maya, observación de supernova
Grecia antigua	Teoría geocéntrica y epiciclos

¿Cuáles son los astrónomos más famosos?

Ptolomeo, Copérnico, Kepler, Galileo, Newton y Einstein.



Ptolomeo



Copérnico



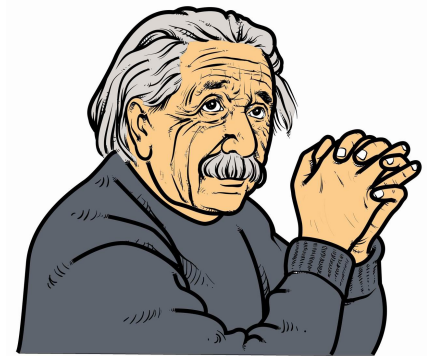
Kepler



Galileo



Newton



Einstein

¿Cuál es la contribución de Ptolomeo a la Astronomía?

Ideó el sistema geocéntrico, que suponía que la Tierra es el centro del Universo y todos los astros giran alrededor de ella.

¿Qué es un epiciclo?

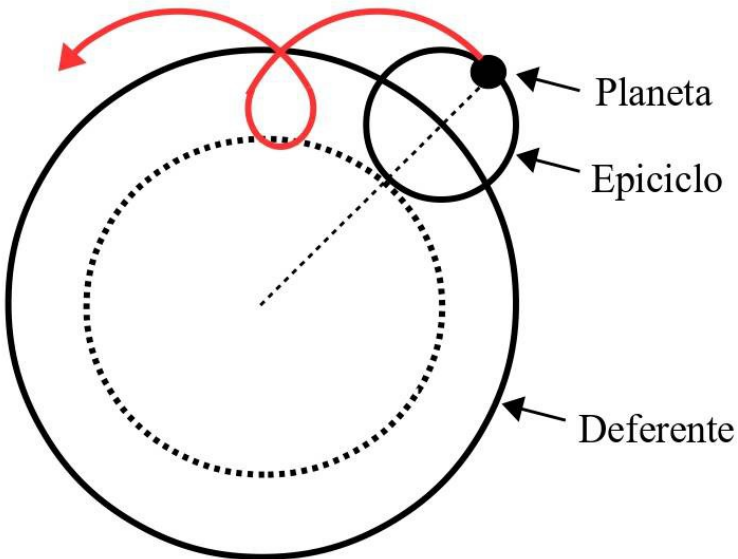
Es el movimiento que se pensaba que experimentaban el Sol, la Luna y los planetas al moverse alrededor de la Tierra. El epiciclo es un círculo que rueda alrededor de otro círculo mayor, la deferente.

¿Para qué se hizo este modelo?

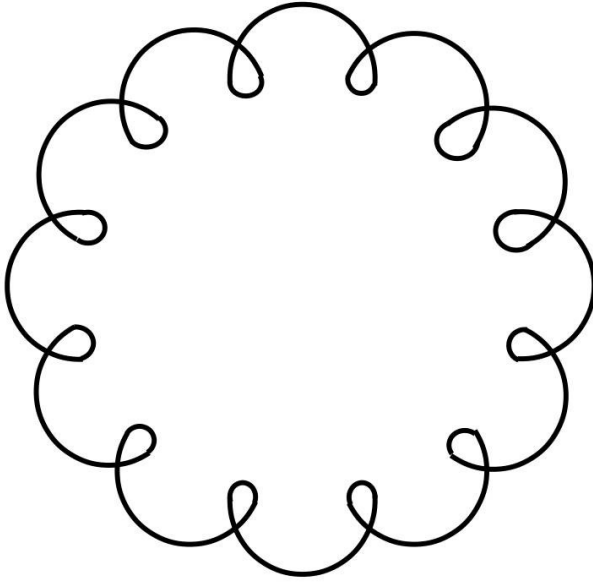
Para explicar las variaciones de velocidad y trayectoria que presentaban el Sol, la Luna y las estrellas.

¿Qué es una epicicloide?

Es la figura que se obtiene cuando un epiciclo gira alrededor de otra circunferencia.



Epiciclo



Epicicloide

¿A quiénes se debe el modelo de los epiciclos?

Fue iniciado por Hiparco y perfeccionado por Ptolomeo.

¿Cuánto perduró el modelo geocéntrico?

Desde el siglo -VI hasta el siglo XVI, es decir, 2200 años.

¿Cuánto perduró el modelo de los epiciclos?

Desde el siglo II hasta el siglo XVI, es decir, 1400 años.

¿Cuál es la contribución de Copérnico a la Astronomía?

Ideó el sistema heliocéntrico, que supone que todos los astros giran alrededor del Sol.

¿Cuál es la contribución de Kepler a la Astronomía?

Descubrió las tres leyes que llevan su nombre, que regulan el movimiento de los planetas alrededor del Sol.

¿Cuál es la contribución de Galileo a la Astronomía?

Perfeccionó el telescopio, hizo grandes observaciones astronómicas, como las cuatro lunas de Júpiter y las fases de Venus. Descubrió que la teoría geocéntrica era falsa y corroboró la teoría heliocéntrica. Fue perseguido por la iglesia por sus ideas.

¿Cuál es la contribución de Newton a la Astronomía?

Descubrió la ley de la gravitación universal, que calcula la fuerza con la que se atraen todos los cuerpos en el Universo. Además, construyó el primer telescopio reflector.

¿Qué fuerza es la responsable de que se muevan los planetas, las estrellas y todos los cuerpos celestes?

La fuerza de la gravedad.

¿De qué depende la fuerza de la gravedad?

De las masas de los cuerpos que se atraen y de la distancia a la que se encuentra el uno del otro. Esta fuerza aumenta con las masas y disminuye con la distancia. Es lo que se llama la ley de la gravitación universal.

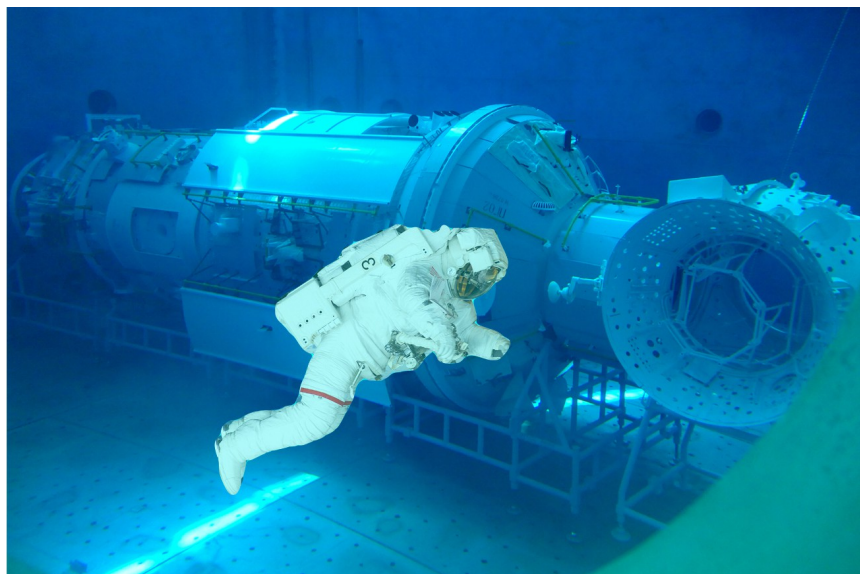
¿Qué es la microgravedad?

También se la llama ingravidez o ausencia de peso. Es un estado en el que la fuerza de la gravedad es muy pequeña o es compensada de alguna forma.

¿Cómo puede conseguirse?

- a) Alejándonos de la Tierra y de todos los cuerpos celestes.
- b) Por la inercia del movimiento de un satélite.
- c) Compensando la fuerza peso con el empuje en una piscina de agua salada.
- d) En un avión en caída libre si los tripulantes no están unidos al avión.





Astronauta sumergido en piscina para entrenamiento

¿Cuál es la contribución de Einstein a la Astronomía?

Desarrolló la teoría de la relatividad, predijo el comportamiento de la luz al pasar por objetos masivos y explicó el movimiento de la órbita de Mercurio.

¿Qué es la energía cinética de un cuerpo celeste?

Es la energía que tiene gracias a su movimiento, es decir, gracias a su velocidad.

¿Qué es la energía potencial de un cuerpo celeste?

Es la energía que tiene gracias a su posición, es decir, gracias a estar situado a una distancia de otro cuerpo celeste.

¿Por qué los calendarios están relacionados con la Astronomía?

Porque están basados en algún fenómeno astronómico, como la rotación terrestre, la traslación terrestre o las fases lunares.

¿Cuál es el calendario usado en el mundo Occidental?

El calendario gregoriano.

¿En qué se basa el calendario gregoriano?

En el movimiento de la Tierra alrededor del Sol. Por eso dura 365 días. Los meses y su duración tienen relación con el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra y con las fases lunares.

¿Qué tipos de días existen?

El día solar y el día sideral.

¿En qué se diferencian los dos tipos de días que existen?

Uno toma como referencia al Sol y el otro a estrellas más lejanas, como las constelaciones.

¿Qué es el día solar?

Es el tiempo que tarda el Sol en pasar dos veces por el meridiano de un lugar.

¿Qué es el día sideral o sidéreo?

Es el tiempo que tarda una estrella en pasar dos veces por el meridiano de un lugar.

¿Cuál es la diferencia entre ambos?

El día solar dura casi cuatro minutos más que el día sideral.

¿A qué es debido este desfase?

Es debido al movimiento de traslación de la Tierra.

¿Por qué se añade un día más a los 365 días del año cada cuatro años, en los años bisiestos?

Porque el año no dura exactamente 365 días, sino aproximadamente 365'25 días y cada 4 años se completa un día más con ese pico,  $0'25 \text{ días} \cdot 4 = 1 \text{ día}$ .

¿Qué es el albedo?

Es el porcentaje o la fracción de luz reflejada por un cuerpo celeste sin luz propia con respecto a la luz que le llega.

¿Cómo se expresa el albedo?

Puede expresarse como fracción entre 0 y 1 o como porcentaje.

Ejemplos de albedos: Luna : 0'08 (8 %), Venus: 0'70 (70 %), Saturno: 0'42 (42 %).

¿Qué indica el albedo alto de un planeta?

Que el planeta se enfría con facilidad porque la luz que absorbe es pequeña. Como absorbe poca luz, se calienta poco.

¿Qué indica el albedo bajo de un planeta?

Justo lo contrario, que el planeta se calienta con facilidad porque la luz que absorbe es elevada.

¿Qué es la dicotomía?

Es el aspecto que presenta un planeta cuando su círculo está iluminado hasta la mitad por la luz del Sol.

¿Qué es el limbo?

Es el contorno de un cuerpo celeste visto por un observador terrestre. Se ve claramente en los eclipses.

¿Qué es la IAU?

Es la International Astronomic Union (Unión Astronómica Internacional). Unión de astrónomos de todo el mundo. Se encarga de nombrar los cuerpos celestes nuevos y conocidos y de coordinar estudios astronómicos.

¿Qué es el NGC?

Son las siglas de New General Catalogue (Nuevo Catálogo General). Colección de unos 7.800 cuerpos celestes que incluye galaxias, nebulosas planetarias y nubes estelares.

¿Cuáles son los gases más abundantes en el Universo?

Hidrógeno y helio.

¿Qué es la hora solar?

Es el tiempo basado en la posición aparente del Sol por encima del horizonte.

¿Qué es una constelación?

Es una agrupación artificial de estrellas y que simulan la silueta de algún animal o personaje mitológico.

¿Cuántas constelaciones existen?

Existen 88 constelaciones.

¿Cuáles son las principales constelaciones?

Las que forman el Zodiaco: Aries, Tauro, Géminis, Cáncer, Leo, Virgo, Libra, Escorpio, Sagitario, Capricornio, Acuario y Piscis.



Aries

Tauro

Géminis

Cáncer

Leo

Virgo



Libra

Escorpio

Sagitario

Capri  
cornio

Acuario

Pisces

## Distancias y coordenadas

¿Qué es un año luz?

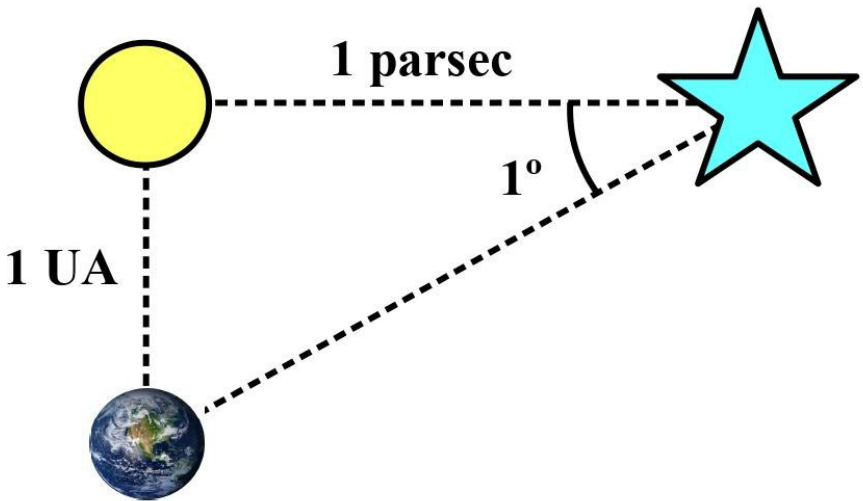
Es la distancia que recorre la luz en un año. Equivale a: 9.461.000.000.000 kilómetros. (Unos 9'5 billones de km).

¿Qué es una unidad astronómica, UA?

Es una unidad de medida de distancias utilizada en Astronomía. Es la distancia media que hay entre la Tierra y el Sol, es decir, aproximadamente 150 millones de kilómetros.

¿Qué es un pársec o parsec?

Es una unidad de distancia equivalente a la distancia a la que se encontraría una estrella si desde ella se observase el sistema Tierra-Sol con un ángulo de un grado.



Un parsec

¿Qué es el horizonte de partículas?

La distancia a la que está el objeto más lejano visible. Está a 46.000 millones de años luz. Se puede decir también que es el tamaño del Universo observable.

¿Cuáles son los métodos de medición de distancias utilizados en Astronomía?

El radar, el paralaje, el módulo de distancia, el método de las Cefeidas, las relaciones Tully-Fisher y Faber-Jackson y la ley de Hubble.

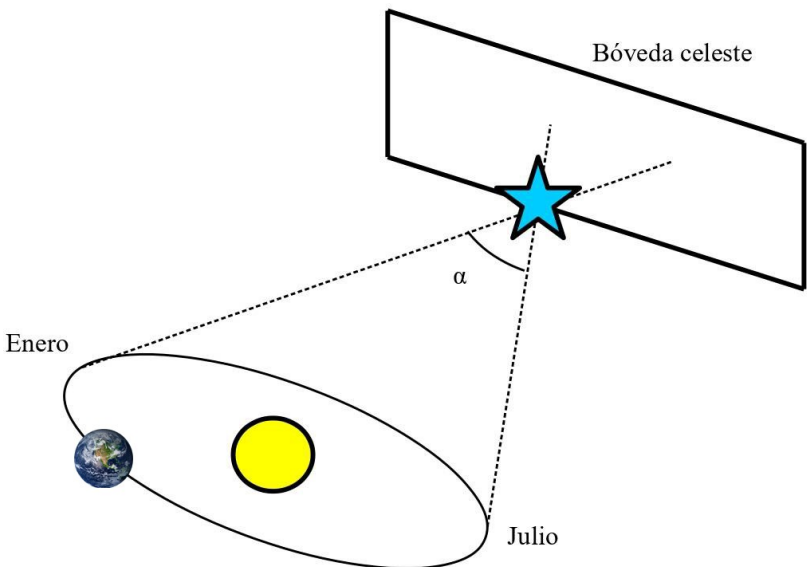
¿En qué consiste el método del radar y para qué se utiliza?

Se utiliza para los objetos en el Sistema Solar. Consiste en emitir una onda de radio al objeto celeste. Como se conoce la velocidad de la luz, la distancia puede determinarse midiendo el tiempo que tarda la onda en volver a la Tierra después de rebotar sobre el objeto y aplicar la fórmula:

$\text{espacio} = \text{velocidad} \cdot \text{tiempo}$

¿En qué consiste el método de paralaje y para qué se utiliza?

Se utiliza para las estrellas cercanas. Consiste en medir el ángulo de desplazamiento aparente de una estrella. Se hacen dos mediciones, cuando la Tierra está en dos extremos adecuados de su órbita, posiciones que distan entre sí 2 UA. La posición de la estrella se determina mediante trigonometría.



Método del paralaje

¿En qué consiste el método del módulo de distancia y para qué se utiliza?

Se utiliza para estrellas lejanas. Se determina la magnitud absoluta de la estrella, se mide la magnitud aparente y luego se calcula la distancia mediante una fórmula que incluye a las tres magnitudes.

¿En qué consiste el método de las Cefeidas y para qué se utiliza?

Se utiliza para galaxias lejanas. También se utiliza la fórmula que relaciona la distancia con la magnitud aparente y con la magnitud absoluta. La magnitud absoluta se determina mediante una fórmula que relaciona la luminosidad con el período de pulsación.

¿En qué consiste el método de las relaciones Tully-Fisher y Faber-Jackson y para qué se usan?

Se utiliza para galaxias muy lejanas. También se utiliza la fórmula que relaciona la distancia con la magnitud aparente y con la magnitud absoluta. La magnitud absoluta se determina mediante una fórmula que relaciona la velocidad de las estrellas y la luminosidad total de la galaxia.

¿Qué son las antorchas estándar?

Son cuerpos celestes o fenómenos astronómicos que tienen una luminosidad absoluta conocida y que nos pueden servir para calcular distancias si utilizamos la fórmula que relaciona la distancia con la magnitud aparente y la magnitud absoluta.

¿Cuáles son las antorchas estándar?

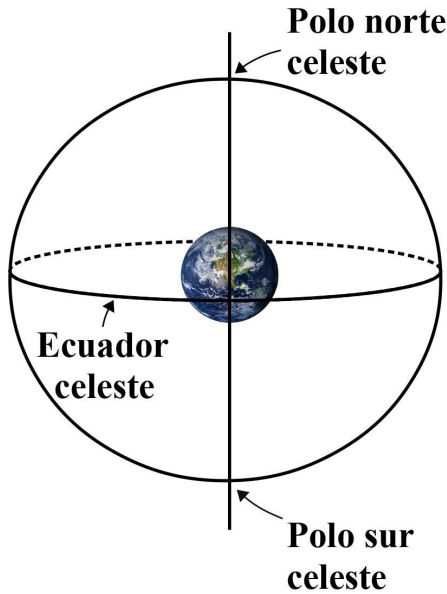
Las Cefeidas y las supernovas de tipo I.

¿Qué es la bóveda celeste o esfera celeste?

Es una esfera imaginaria en la que están los cuerpos celestes proyectados.

¿Qué tipos de esferas celestes existen?

- a) Local o topocéntrica: el centro de la esfera es el observador.
- b) Geocéntrica: su centro es la Tierra. Es probablemente la más utilizada.
- c) Heliocéntrica: el centro de la esfera es el Sol.



Bóveda celeste geocéntrica

¿Qué son los polos celestes?

Son los puntos en los que el eje de rotación de la Tierra corta a la esfera celeste.

¿Qué es el ecuador celeste?

Es la proyección del ecuador terrestre sobre la esfera celeste.

¿Qué es un paralelo celeste?

Es cada uno de los círculos menores de la bóveda celeste paralelos al ecuador celeste.

¿Qué es un meridiano celeste de un lugar?

Es un círculo de la esfera celeste que pasa por el polo norte celeste, el polo sur celeste y el cénit de ese lugar.

¿Qué es un meridiano celeste de un cuerpo celeste?

Es un círculo de la esfera celeste que pasa por el polo norte celeste, el polo sur celeste y el cuerpo celeste.

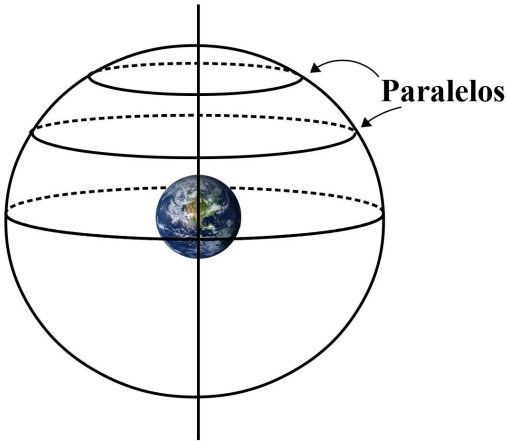


¿Qué son los hemisferios celestes?

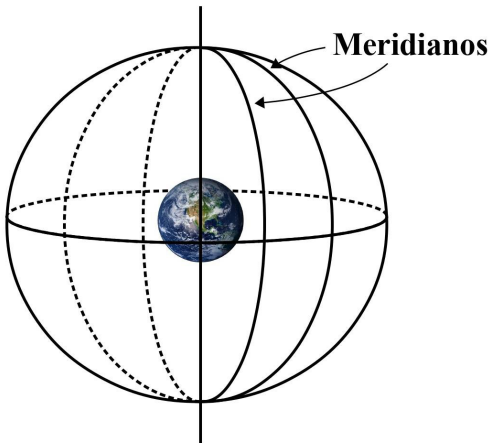
Son cada una de las dos mitades en las que se divide la esfera celeste gracias al ecuador celeste.

¿Cuáles son los hemisferios celestes?

El hemisferio norte o hemisferio boreal y el hemisferio sur o hemisferio austral.



Paralelos celestes



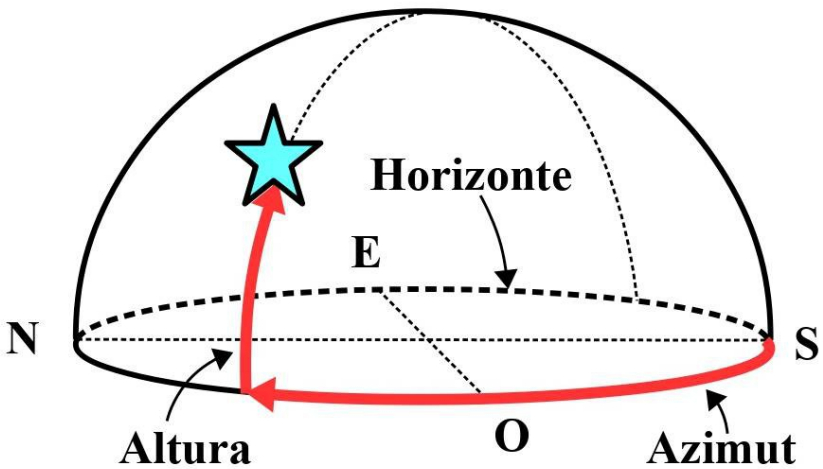
Meridianos celestes

¿Cómo se localiza un cuerpo celeste en la bóveda celeste?

Principalmente, mediante las coordenadas horizontales y las coordenadas ecuatoriales.

¿Cuáles son las coordenadas horizontales?

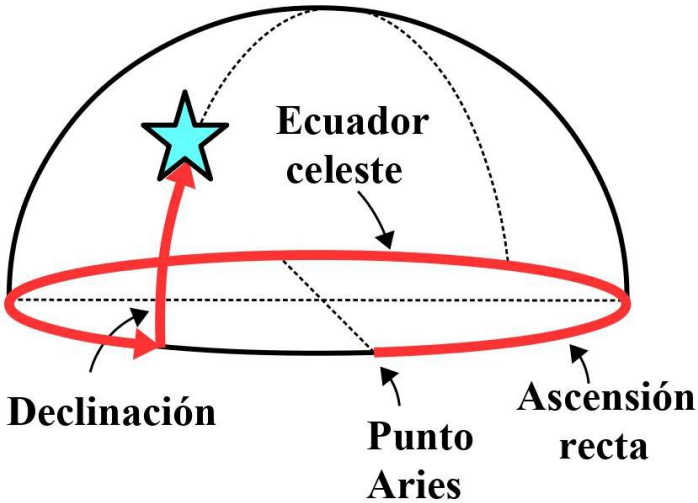
El azimut o acimut y la altura. La altura es el ángulo entre el cuerpo celeste y el horizonte. El azimut es el ángulo horizontal entre el meridiano que pasa por el cuerpo celeste y el polo sur, medido en sentido horario.



Coordenadas horizontales

¿Cuáles son las coordenadas ecuatoriales?

Son la ascensión recta y la declinación. La declinación es el ángulo entre el cuerpo celeste y el ecuador celeste. La ascensión recta es el ángulo entre el meridiano que pasa por el cuerpo celeste y el punto Aries, situado en el ecuador celeste. La ascensión recta se mide en sentido antihorario.



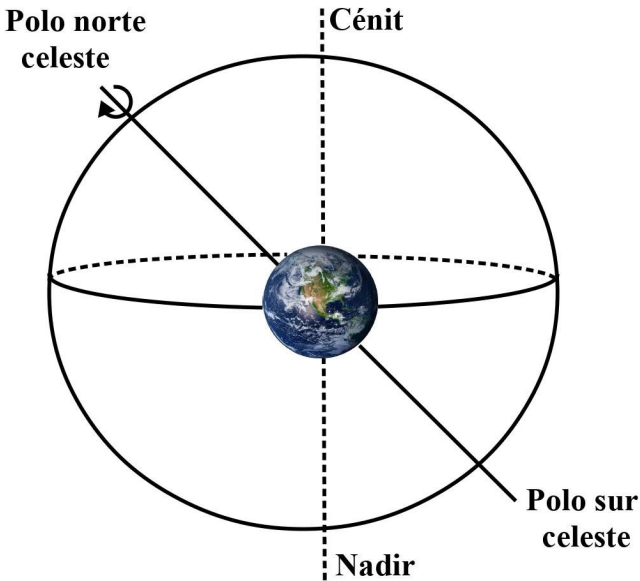
Coordenadas ecuatoriales

¿Qué es el cénit o zénit?

Es el punto de la esfera celeste situado justamente encima del observador, en su misma vertical.

¿Qué es el nadir?

Es el punto de la esfera celeste por debajo del observador. Es diametralmente opuesto al cénit.



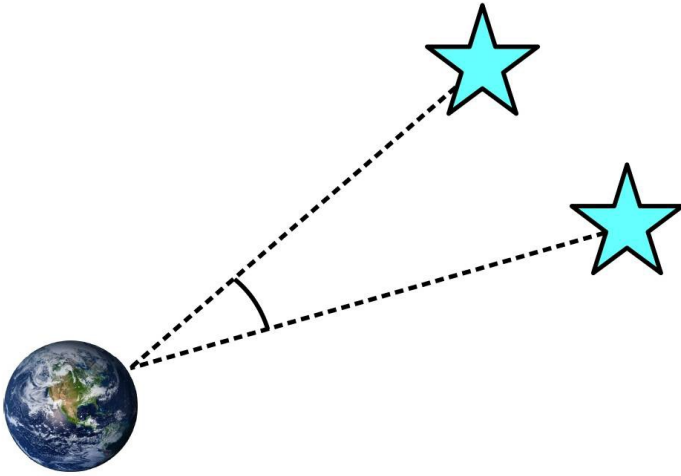
Cénit y nadir

¿Qué es un minuto de arco?

Es una unidad para medir ángulos, muy utilizada en Astronomía. Es la fracción  $1/60$  de un grado sexagesimal. Un grado sexagesimal es la fracción  $1/360$  de una vuelta de círculo.

¿Qué es la distancia angular?

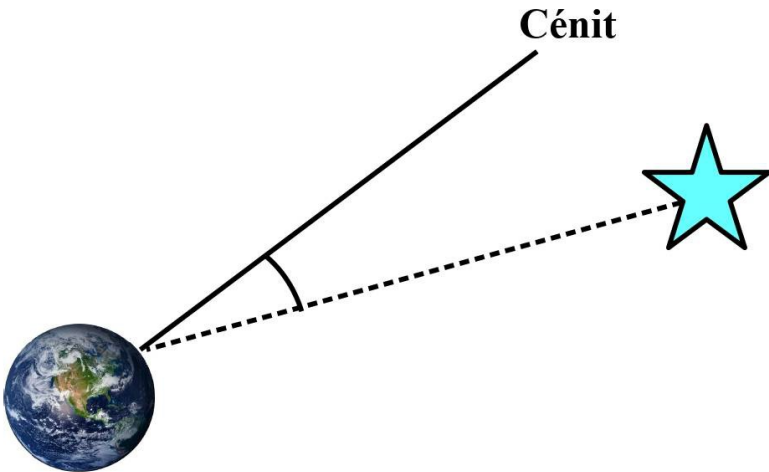
Es el ángulo que existe entre dos cuerpos celestes desde un observador en la Tierra.



Distancia angular

¿Qué es la distancia cenital?

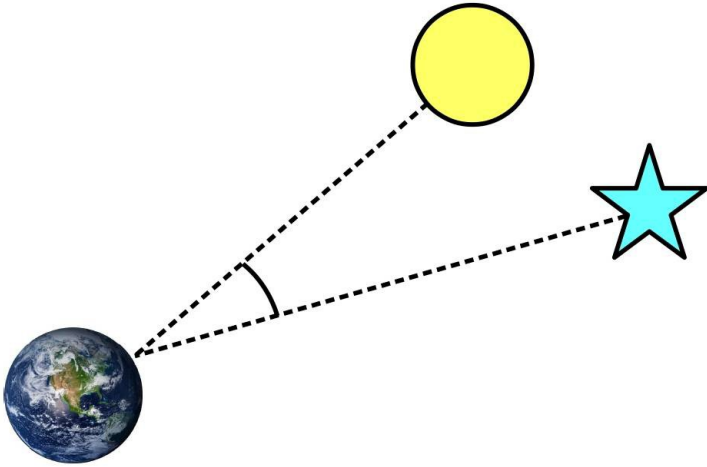
Es el ángulo entre un cuerpo celeste y el cenit.



Distancia cenital

¿Qué es la elongación?

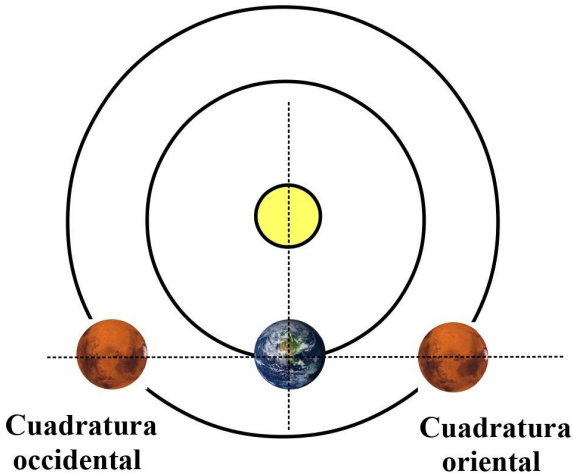
Es el ángulo entre el Sol y un planeta visto desde la Tierra.



Elongación

¿Qué es la cuadratura?

Es la posición en la que se encuentra un planeta o la Luna cuando está a  $90^\circ$  con respecto al Sol, visto desde la Tierra.



Cuadratura

¿Qué son los ápsides o ábsides?

Son los puntos de los extremos de la línea longitudinal de una órbita elíptica. Son también el punto más lejano o el más cercano de un satélite con respecto al cuerpo que orbitan.

¿Cuáles son los ápsides?

Son el apogeo y el perigeo.

¿Qué es el apogeo?

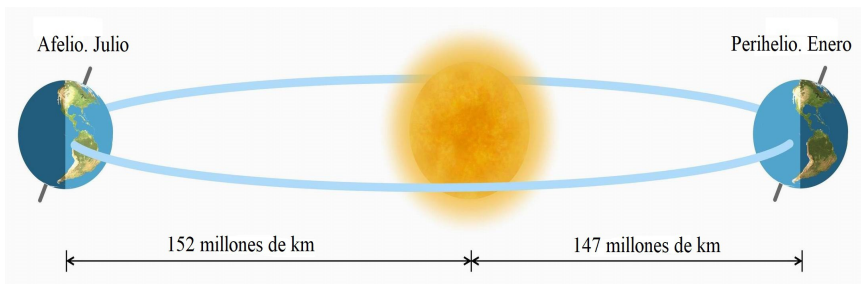
Es el punto de la trayectoria elíptica de un planeta en el que el planeta está más alejado del Sol.

¿Qué es el perigeo?

Es el punto de la trayectoria elíptica de un planeta en el que el planeta está más cerca del Sol.

¿Cuáles son los ápsides de los planetas del Sistema Solar?

Son el afelio y el perihelio. El afelio es el punto más lejano al Sol y el perihelio es el punto más cerca del Sol.



Afelio y perihelio

¿Qué es la culminación?

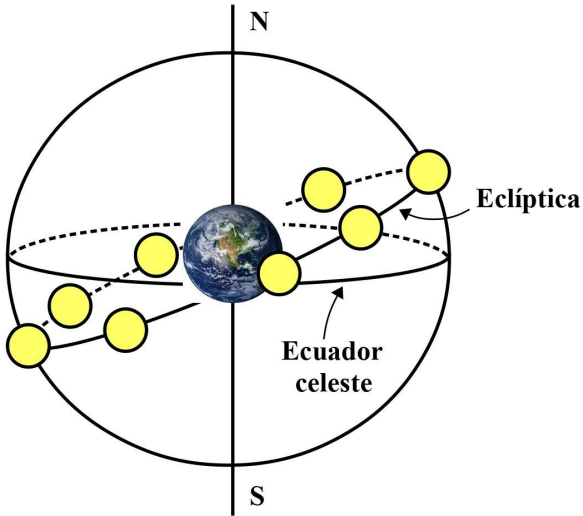
Es la altura máxima alcanzada por un cuerpo celeste sobre el horizonte.

¿Cuándo ocurre la culminación de nuestro Sol?

Siempre a mediodía, a las 12 en punto, hora solar.

¿Qué es la eclíptica?

Es la trayectoria que describe el Sol en la esfera celeste en su movimiento aparente alrededor de la Tierra.

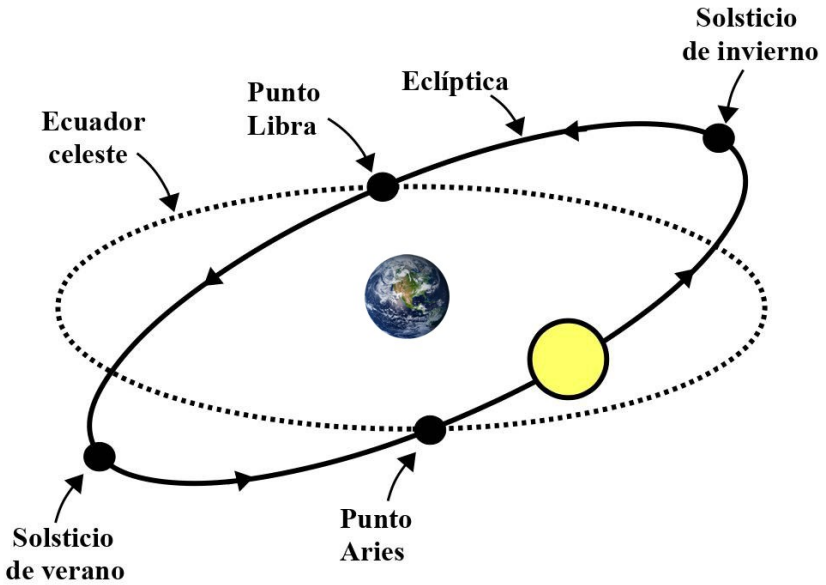


Eclíptica

¿Cuánto está inclinada la eclíptica con respecto al ecuador celeste?  
Está inclinada  $23^{\circ}5'$ .



¿Cuáles son los cuatro puntos más importantes de la eclíptica?  
El solsticio de verano, el solsticio de invierno, el punto Libra y el punto Aries.



Puntos de la eclíptica

¿A qué puntos de la brújula equivalen el punto Aries y el punto Libra?

El punto Aries equivale al este y el punto Libra al oeste.

¿Dónde se localiza el solsticio de verano?

En el punto de la eclíptica de mayor altura sobre el ecuador celeste.

¿Dónde se localiza el solsticio de invierno?

En el punto de la eclíptica de mínima altura sobre el ecuador celeste.

¿Dónde se localiza el punto Libra?

En el punto en el que la eclíptica corta al ecuador celeste por el oeste. Es el punto de la eclíptica en el que el Sol pasa del hemisferio norte celeste al hemisferio sur.

¿Dónde se localiza el punto Aries?

En el punto en el que la eclíptica corta al ecuador celeste por el este. Es el punto de la eclíptica en el que el Sol pasa del hemisferio sur celeste al hemisferio norte. También se le llama punto Vernal.

¿Qué día del año alcanza el Sol el punto Aries?

El 21 de marzo: es el equinoccio de primavera. Empieza la primavera en el hemisferio norte y el otoño en el hemisferio sur.

¿Qué día del año alcanza el Sol el solsticio de verano?

El 21 de junio. Empieza el verano en el hemisferio norte y el invierno en el hemisferio sur.

¿Qué día del año alcanza el Sol el punto Libra?

El 22 de septiembre: es el equinoccio de otoño. Comienza el otoño en el hemisferio norte y la primavera en el hemisferio sur.

¿Qué día del año alcanza el Sol el solsticio de invierno?

El 21 de diciembre. Empieza el invierno en el hemisferio norte y el verano en el hemisferio sur.

¿Cuánto ocupa cada constelación del Zodiaco en el cielo?

Unos  $30^\circ$ , pues son 12 y  $360^\circ$  dividido entre 12 son  $30^\circ$ .

## Sistema Tierra-Luna-Sol

¿Cuáles son los movimientos de la Tierra?

Rotación, traslación, precesión de los equinoccios, nutación, el bamboleo de Chandler y la precesión del perihelio. Los más importantes son los tres primeros.

¿Qué es la rotación?

Es el movimiento circular de la Tierra sobre su propio eje. Una vuelta completa dura 24 horas.

¿Qué es la traslación?

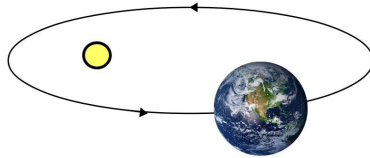
Es el movimiento de la Tierra alrededor del Sol. Una vuelta completa dura 365 días y 6 horas.

¿Qué es la precesión de los equinoccios?

Es el movimiento circular del eje de rotación de la Tierra. Es similar al movimiento de un trompo cuando está a punto de dejar de girar y caer.



Rotación



Traslación



Precesión

¿Por qué está determinada la duración del día?

Por la rotación de la Tierra y por la precesión de los equinoccios.

¿A qué distancia se encuentra la Luna de la Tierra?

A 384.000 kilómetros.

¿Está la Luna siempre a la misma distancia media de la Tierra?

No. Cada año se aleja unos 4 centímetros de la Tierra.

¿Qué consecuencias tiene esto?

Se frena la velocidad de rotación terrestre y se aumenta el período de rotación en unas milésimas de segundo por día. Es decir, los días se alargan un poco.

¿A qué distancia se encuentra la Tierra del Sol?

A una distancia media de 150 millones de kilómetros.

¿Es constante la distancia Tierra-Sol?

No, porque la Tierra no describe una circunferencia alrededor del Sol, sino una elipse ligeramente achatada.

¿Cómo se mueven la Luna y el Sol en el cielo?

Salen por el este y se ponen por el oeste.

¿Cuál es la diferencia entre el Sol y la Luna y las estrellas en cuanto a la salida y la puesta?

Que las estrellas siempre salen y se ponen por el mismo punto del horizonte. El Sol y la Luna no lo hacen, sino que van cambiando sus posiciones de salida y puesta a lo largo del año.

¿Entre qué puntos varían las salidas del Sol o de la Luna alrededor del año?

Entre el noreste y el sureste.

¿Entre qué puntos varían la puestas del Sol o de la Luna alrededor del año?

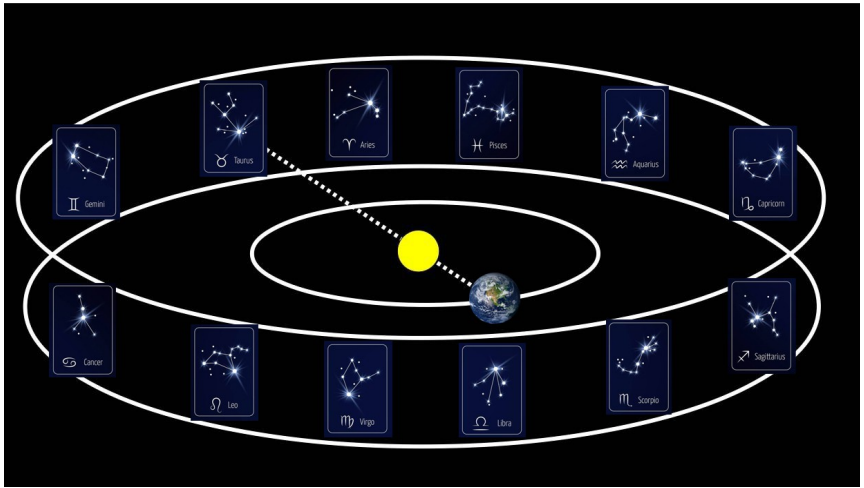
Entre el noroeste y el suroeste.

¿Cómo es el movimiento del Sol en las constelaciones?

El Sol recorre tres constelaciones en cada estación del año.

¿Por qué todas las constelaciones no son visibles durante todo el año?

Porque el Sol está delante de ellas. Sólo podemos ver de noche las que estén de espaldas al Sol. Las constelaciones en las que se halla el Sol sólo pueden verse pasados unos seis meses.



Por qué no se ven las constelaciones todo el año

¿Por qué el Sol no siempre sale por el mismo punto del horizonte?  
 Por la inclinación del eje de rotación de la Tierra, por el movimiento de traslación y por el movimiento de precesión de los equinoccios.

¿Cuándo sale el Sol exactamente por el este y se pone exactamente por el oeste?  
 Sólo dos días al año: el día del equinoccio de primavera y el día del equinoccio de otoño.

¿Qué ocurre el resto del año en el hemisferio norte?  
 Los puntos de salida y puesta se desplazan hacia el norte en primavera y verano y hacia el sur en otoño e invierno.

¿Qué ocurre el resto del año en el hemisferio sur?  
 Los puntos de salida y puesta se desplazan hacia el sur en primavera y verano y hacia el norte en otoño e invierno.

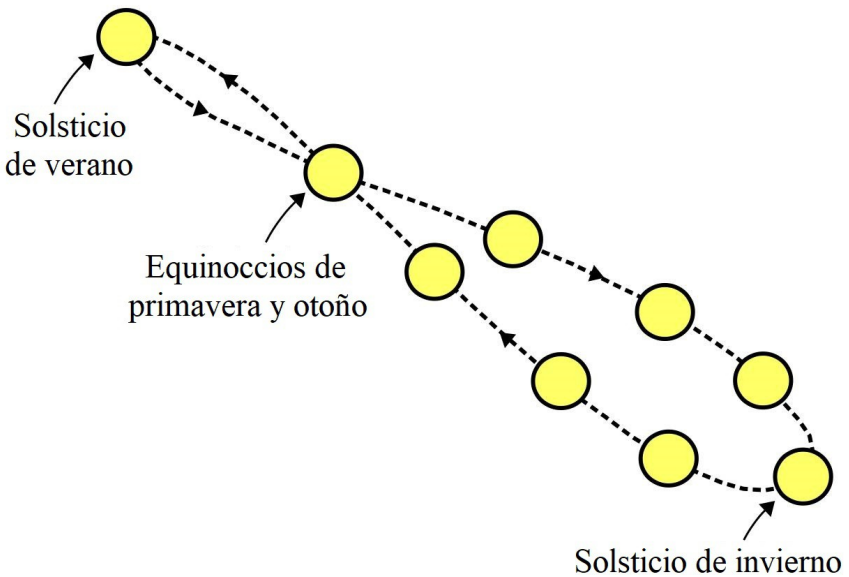
¿Qué es un analema?  
 Es la figura en forma de ocho que forma el Sol en el cielo.

¿Cómo se traza el analema?

Registrando la posición que tiene el Sol a una determinada hora del día durante todo el año. La hora tiene que estar en la escala de tiempo universal.

¿Qué es la escala de tiempo universal?

Es la escala internacional de referencia para la medida de las horas. Equivale al GMT. Es el principal estándar del tiempo por el que el mundo regula la hora. Se representa con las siglas UTC.



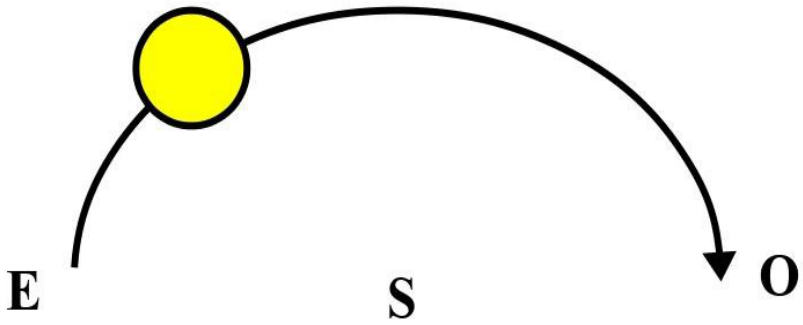
Analema

¿Por qué describe esa figura el analema?

Porque el Sol está en la posición más alta en el solsticio de verano, está en la más baja en el solsticio de invierno y en los equinoccios coincide en el mismo punto.

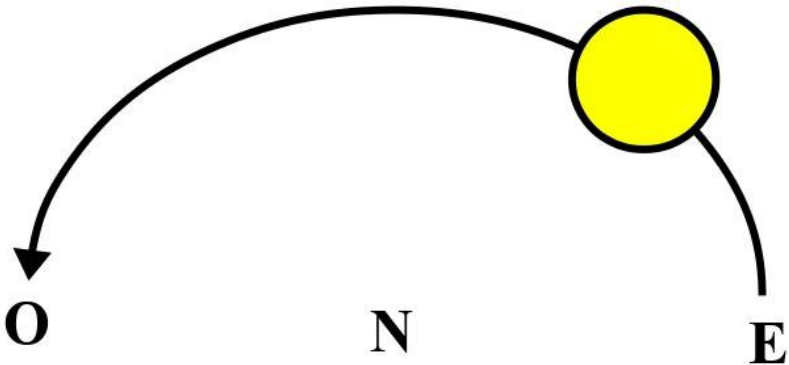
¿Cómo ve moverse el Sol un observador en el hemisferio norte?

Tiene que mirar hacia el sur y el Sol se mueve desde su izquierda hacia su derecha.



Movimiento del Sol en el hemisferio norte

¿Cómo ve moverse el Sol un observador en el hemisferio sur?  
Tiene que mirar hacia el norte y el Sol se mueve desde su derecha  
hacia su izquierda.



Movimiento del Sol en el hemisferio sur

¿Por qué el disco solar está achatado en las salidas y en las puestas  
del Sol?

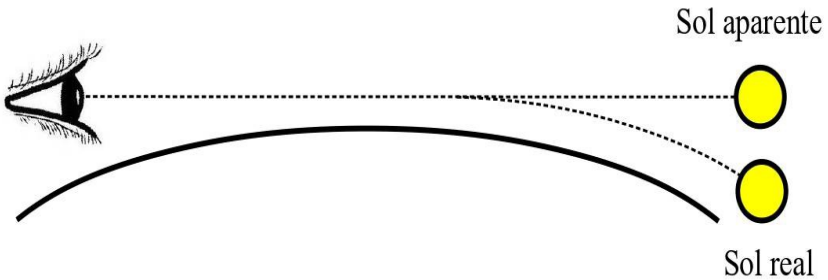
Gracias a la refracción de la luz en la atmósfera. La luz del borde  
superior del disco solar se refracta un poco menos que la luz del  
borde inferior.

¿Le ocurre este fenómeno también a la Luna?

Sí, el disco de la Luna se achata también en las salidas y en las puestas de la Luna.

¿Es verdad que cuando vemos el Sol tocar el horizonte en realidad está bajo el horizonte?

Es correcto. La refracción atmosférica modifica la trayectoria de los rayos solares y nos hace ver un Sol aparente. En realidad, el Sol está bajo el horizonte. Esto ocurre tanto en la salida como en la puesta.



Posición del Sol en el orto y en el ocaso

¿Qué es la libración de la Luna?

Es el movimiento de oscilación del disco lunar con respecto a un observador en la Tierra. Este movimiento nos permite ver más del 50 % de la superficie lunar.

¿Qué tres tipos de libración lunar existen?

En longitud, en latitud y diurna.

¿A qué se debe la libración en longitud?

A que la velocidad orbital de la Luna no es constante.

¿A qué se debe la libración en latitud?

A que el ecuador lunar está inclinado con respecto al plano de la órbita.

¿A qué se debe la libración diurna?

Al movimiento de rotación de la Tierra. El observador ve distintos aspectos de la Luna a lo largo del día.



¿Qué son las fases de la Luna?

Cada uno de los aspectos que presenta la Luna según la iluminación del Sol.

¿Cuáles son las fases de la Luna?

Cuarto creciente, luna llena, cuarto menguante y luna nueva. Y además: lúnula creciente, gibosa creciente, gibosa menguante y lúnula menguante.



Fases de la Luna



Luna nueva

Lúnula creciente

Cuarto creciente

Gibosa creciente



Luna llena

Gibosa menguante

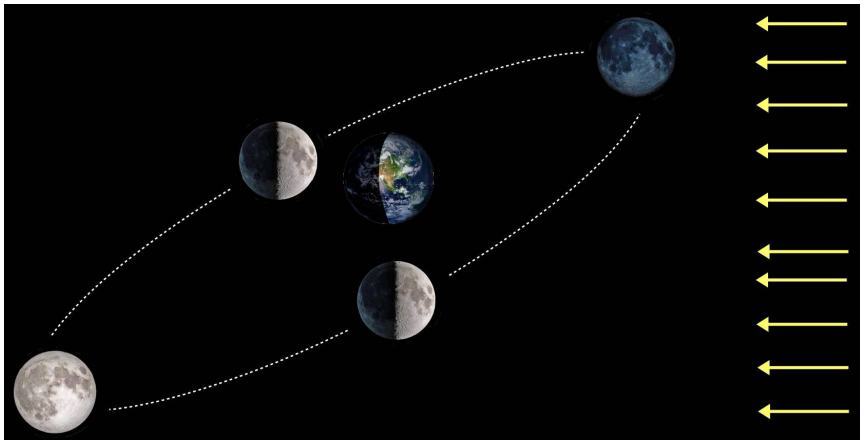
Cuarto menguante

Lúnula menguante

Nombres de las fases de la Luna

¿Por qué ocurren las fases de la Luna?

Por la posición relativa de la Tierra, la Luna y el Sol.



### Por qué ocurren las fases de la Luna

¿Cuál es la posición relativa de Sol, Luna y Tierra en un cuarto creciente?

El Sol ilumina lateralmente a la Luna, desde la derecha.

¿Cuál es la posición relativa de Sol, Luna y Tierra en un cuarto menguante?

El Sol ilumina lateralmente a la Luna, desde la izquierda.

¿Cuál es la posición relativa de Sol, Luna y Tierra en una Luna llena?

El Sol está a nuestras espaldas.

¿Cuál es la posición relativa de Sol, Luna y Tierra en una Luna nueva?

La Luna está enfrente de nosotros y el Sol también.

¿Por qué la Luna nueva nunca se ve por la noche?

Porque la Luna nueva es sólo visible por el lado iluminado de la Tierra, pues Luna y Sol están del mismo lado.

¿Existen otros cuerpos celestes que presenten fases además de la Luna?

Sí, las más conocidas son las fases lunares, pero también están las de todos los planetas. Las más visibles son las de los planetas interiores: Mercurio y Venus.

¿Qué es la ocultación?

Es la desaparición de un cuerpo celeste detrás de otro.

¿Qué es un eclipse?

La ocultación de una estrella por un planeta o satélite.

¿Cuál es la diferencia entre eclipse y ocultación?

El eclipse es un tipo de ocultación que ocurre cuando los cuerpos celestes son de tamaño aparente similar desde el punto de vista del observador. Por ejemplo: la Luna y el Sol.

¿Qué es la umbra?

Es el área de oscuridad total en la zona de sombra de un eclipse.

¿Qué tipos de eclipses existen?

De Sol y de Luna.

¿En qué orden se ponen los astros en un eclipse de Sol?

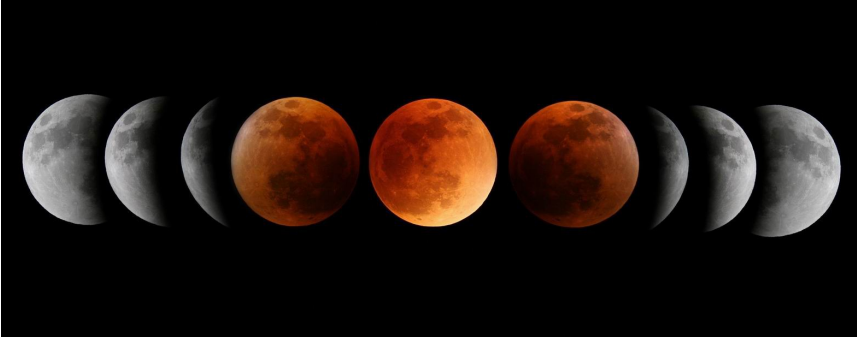
Sol/ Luna / Tierra. Es decir, la Luna se sitúa en medio.

¿En qué orden se ponen los astros en un eclipse de Luna?

Sol/ Tierra/ Luna. Es decir, la Tierra se sitúa en medio.



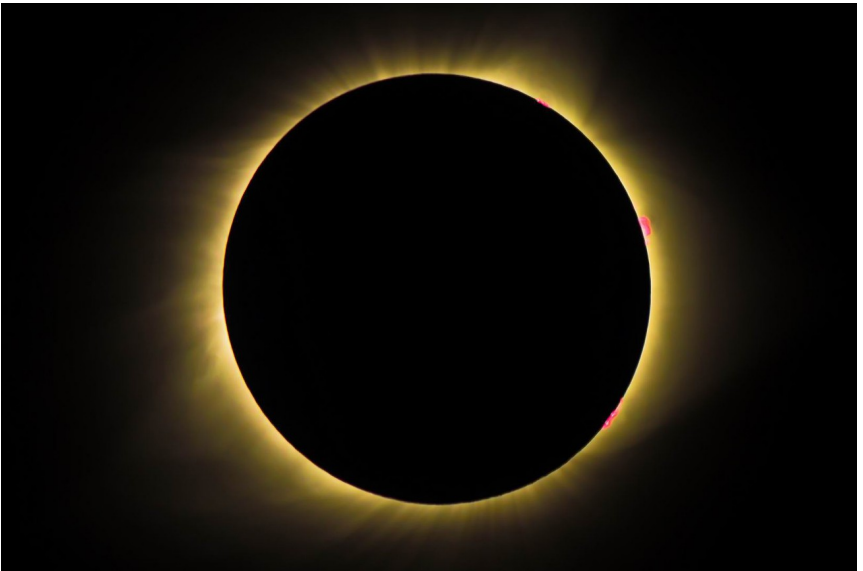
Eclipse solar



Eclipse lunar

¿Qué es un eclipse total?

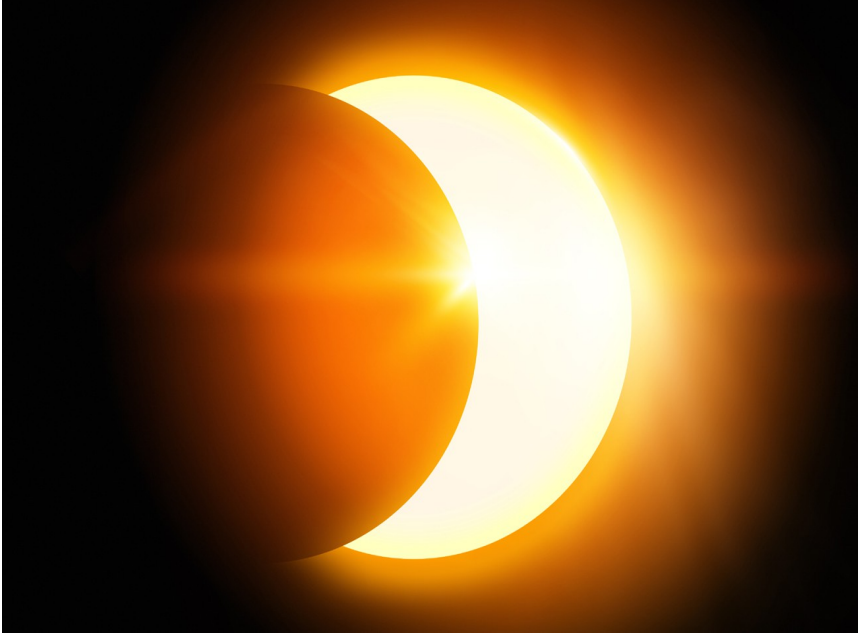
Es aquel en el que el astro que emite luz es totalmente tapado por el otro.



Eclipse total

¿Qué es un eclipse parcial?

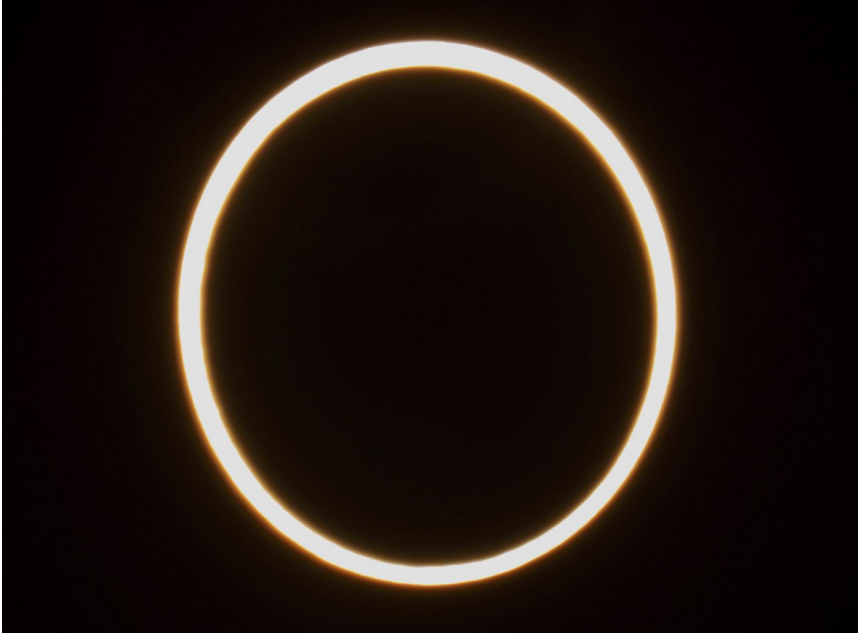
Es aquel en el que el astro que emite luz es tapado en parte por otro.



Eclipse parcial

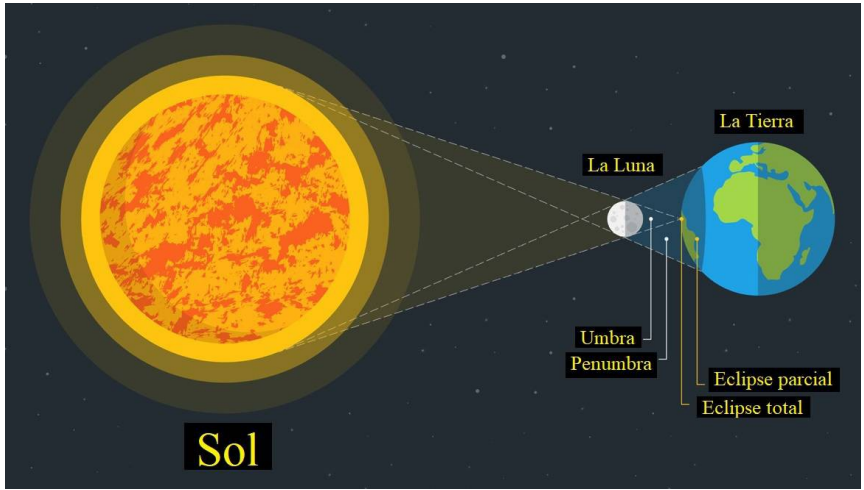
¿Qué es un eclipse anular?

Es aquel eclipse parcial en el que se forma un anillo alrededor del astro que tapa al otro.



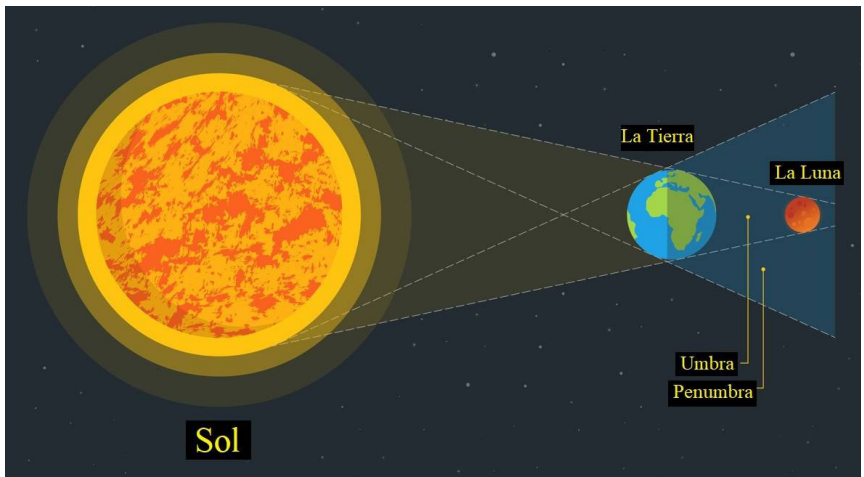
Eclipse anular

¿Cuál es el trazado de rayos en un eclipse de Sol?



Trazado de rayos en un eclipse de Sol

¿Cuál es el trazado de rayos en un eclipse de Luna?



Trazado de rayos en un eclipse de Luna

¿Qué son los glóbulos de Bailey?

Son áreas de luz en forma de cadena que aparecen en los eclipses totales de Sol.

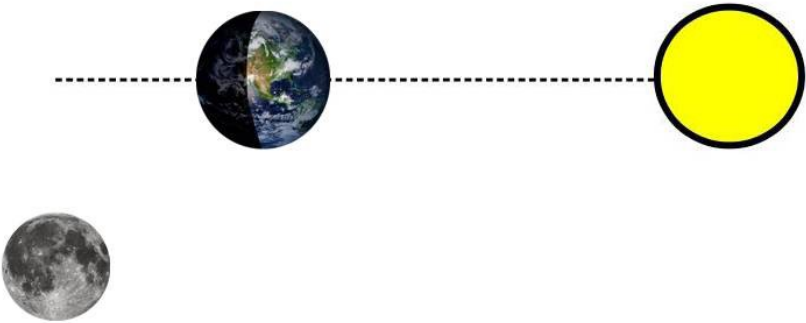
Cuando ocurre un eclipse de Sol, ¿en qué fase está la Luna?  
En Luna nueva, porque es la fase en la que la Luna está en medio.

¿Por qué no hay siempre un eclipse de Sol cuando hay Luna nueva si la Luna está en medio?

Porque cuando hay eclipse de Sol, los tres astros están en línea recta. Si hay Luna nueva pero no hay eclipse solar, los tres astros están en los vértices de un triángulo. Esto ocurre porque el plano orbital de la Luna no coincide con la eclíptica.



Eclipse solar



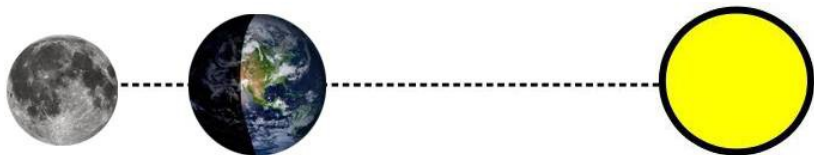
Luna nueva sin eclipse solar

Cuando ocurre un eclipse de Luna, ¿en qué fase está la Luna?  
En Luna llena porque es la fase en la que la Tierra está en medio.

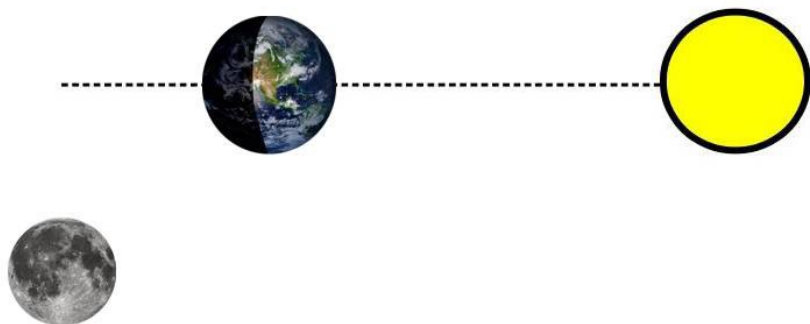


¿Por qué no hay siempre un eclipse de Luna cuando hay Luna llena si la Tierra está en medio?

Porque cuando hay eclipse de Luna, los tres astros están en línea recta. Si hay Luna llena pero no hay eclipse lunar, los tres astros están en los vértices de un triángulo. Esto ocurre porque el plano orbital de la Luna no coincide con la eclíptica.



Eclipse lunar



Luna llena sin eclipse lunar

¿Por qué la Luna nueva es invisible de noche?

Porque cuando hay Luna nueva, la Luna y el Sol están al mismo lado de la Tierra, luego la Luna nueva sólo es visible de día, en la parte iluminada de la Tierra.

En las fases lunares, ¿la parte sombreada de la Luna es la sombra de la Tierra?

No, la sombra es debida a que el Sol ilumina lateralmente a la Luna y los rayos solares no llegan a la parte oscura.

¿Por qué en los eclipses lunares la Luna se pone roja?

Porque la poca luz que le llega en esos momentos a la Luna es la proveniente de nuestra atmósfera, la cual ha absorbido prácticamente el 100 % de la luz azul.

¿Por qué los eclipses no se producen con más frecuencia?

Porque los planos orbitales de la Tierra y la Luna no coinciden y, muchas veces, aunque estos tres astros se sitúan uno detrás de otro, no están en línea recta.



Planos orbitales de la Tierra y la Luna

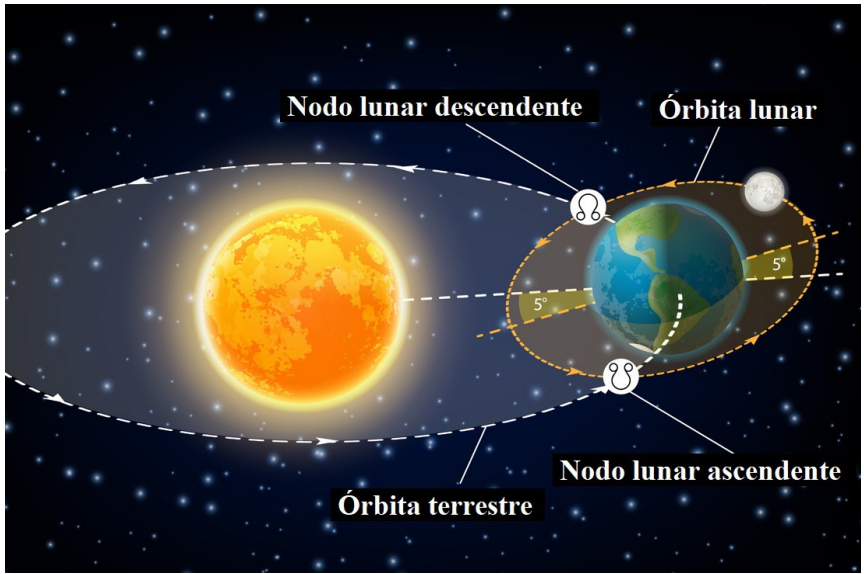
¿Cuánto duran los eclipses en un lugar determinado?

- Eclipse total de Sol: unas dos horas todo el fenómeno; el oscurecimiento total dura entre 2 y 7 minutos y medio.
- Eclipse parcial de Sol: unas 4 horas.
- Eclipse anular: unos 13 minutos.
- Eclipse de Luna: hasta 1 hora 45 min.

¿Qué son el nodo ascendente y el nodo descendente?

Los puntos en los que la órbita lunar y la eclíptica coinciden.

¿Qué ocurre en los nodos ascendente y descendente?  
Los eclipses solares y lunares.



Nodos ascendente y descendente

¿Cuánto dura cada fase lunar?  
Aproximadamente una semana.

¿Cuánto se retrasa la salida de la Luna de un día al siguiente?  
Unos 50 minutos.

¿Por qué la Luna sale unos 50 minutos más tarde cada día?  
Gracias a la combinación de la rotación de la Tierra y del movimiento orbital de la Luna.

¿Qué es la lunación?  
Es el período de tiempo comprendido entre dos fases lunares iguales y consecutivas. Por ejemplo: entre dos cuartos crecientes. También se le llama mes sinódico.

¿Qué es la selenografía?  
Es la descripción de la superficie de la Luna a partir de observaciones y fotografías.

¿Qué es la selenología?

Es la rama de la Astronomía que estudia la Luna: su composición, su estructura, su origen y su evolución.

¿Qué accidentes se pueden encontrar en la Luna?

Bahías, lagos, pantanos, cráteres, circos, planicies amuralladas, cordilleras, montes, grietas, valles y fallas.

¿Qué son los mares de la Luna?

Son planicies volcánicas, manchas oscuras en la superficie lunar. Son el resultado de impactos de meteoritos gigantescos.

¿Por qué se llaman así si no contienen agua?

Porque, según una creencia antigua, la superficie de la Luna tenía grandes extensiones de agua.

¿Cuáles son algunos nombres de mares de la Luna?

El Mar de la Tranquilidad, el Mar de las Lluvias y el Mar de las Crisis.



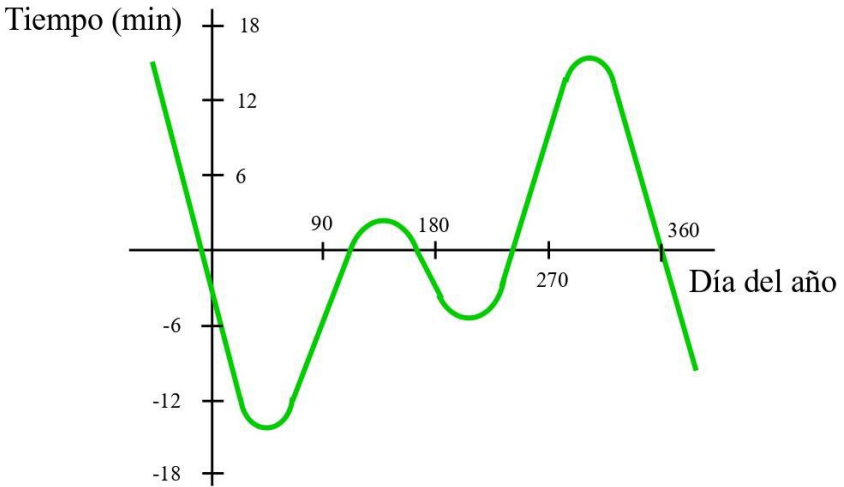
Superficie de la Luna

¿Qué es la ecuación del tiempo?

Es la diferencia entre el tiempo solar medio y el tiempo solar aparente.

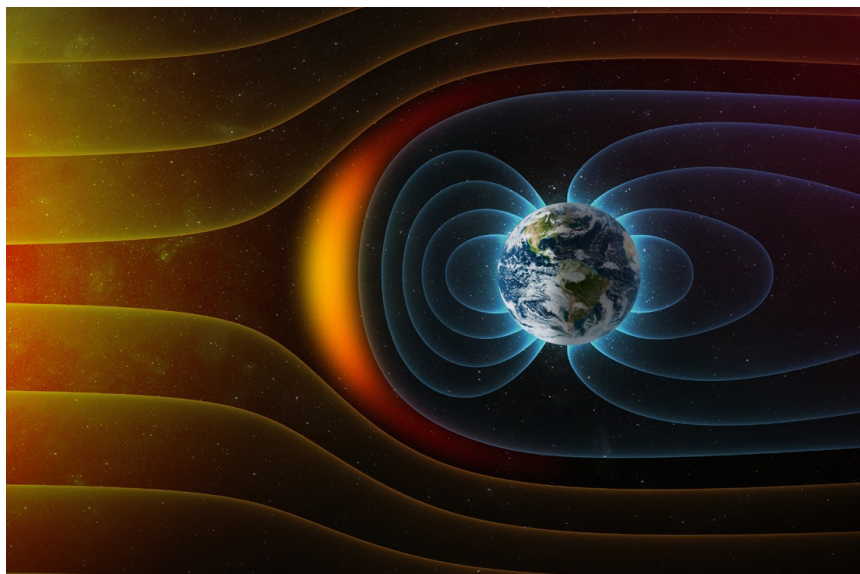
¿Qué es el Sol medio?

Es un Sol ficticio que tiene una velocidad constante durante todo el año, que es la velocidad media del Sol real. Es un artificio que se realiza en Astronomía para simplificar cálculos.



¿Qué es el viento solar?

Es una corriente de partículas cargadas provenientes del Sol.



Viento solar

¿La presenta sólo el Sol?

No, la presenta cualquier estrella. Su nombre genérico es viento estelar.

## Mecánica celeste

¿Qué es la mecánica celeste?

Es la rama de la Astronomía que estudia el movimiento de los cuerpos celestes.

¿Qué leyes rigen el movimiento de los cuerpos celestes?

Las leyes de Newton y las leyes de Kepler.

¿Qué dice la primera ley de Newton?

Que si un cuerpo permanece en reposo o si se mueve con velocidad constante, la resultante de las fuerzas que actúan sobre él es cero.

¿Qué dice la segunda ley de Newton?

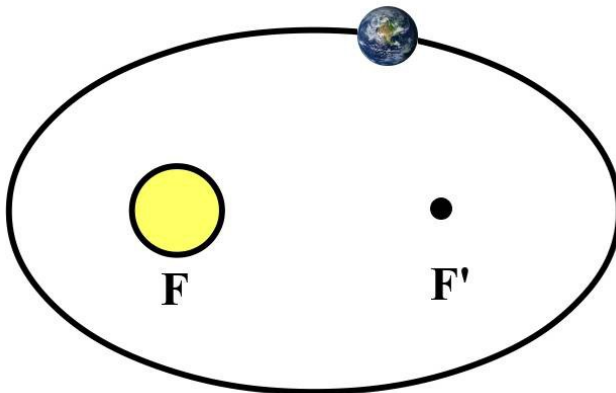
Que cuando se le aplica una fuerza a un cuerpo, se le comunica una aceleración dada por la fórmula:  $Fuerza = masa \cdot aceleración$

¿Qué dice la tercera ley de Newton?

Si se aplica una fuerza sobre un cuerpo (acción), este cuerpo le devuelve otra fuerza (reacción) de igual módulo y de sentido contrario.

¿Qué dice la primera ley de Kepler?

Los planetas giran alrededor del Sol en trayectorias elípticas, ocupando el Sol uno de los focos.



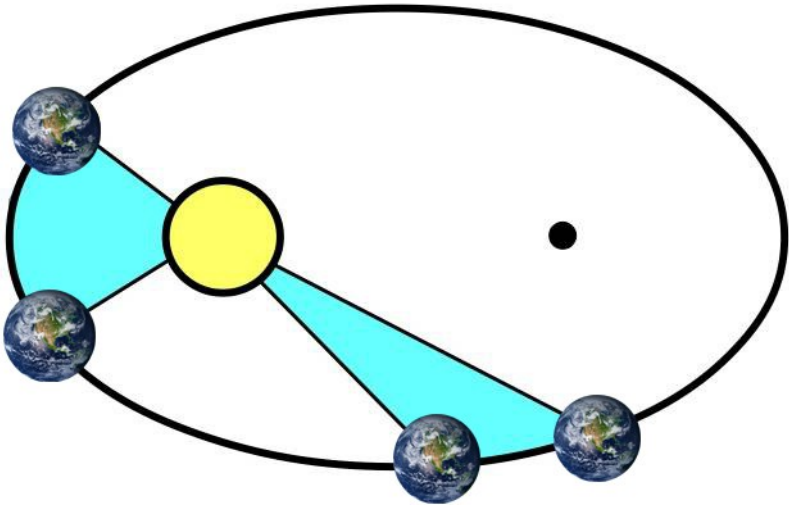
Primera ley de Kepler

¿Qué son los focos de una elipse?

Son dos puntos que cumplen la condición de que cualquier punto de la elipse tiene constante la suma de las distancias a los dos focos.

¿Qué dice la segunda ley de Kepler?

El vector de posición del planeta barre áreas iguales en tiempos iguales.



Segunda ley de Kepler

¿Qué consecuencias tiene la segunda ley de Kepler?

Que el satélite se mueve más rápido cuando está más cerca del planeta o estrella y que se mueve más lentamente cuando está más lejos.

¿Qué dice la tercera ley de Kepler?

El cociente entre el cuadrado del período de revolución y el cubo del radio medio de la órbita es una constante para todos los

planetas:  $\frac{\text{Periodo}^2}{\text{Radio medio}^3} = \text{constante}$



¿Qué es el sentido horario?

Es el movimiento de izquierda a derecha por delante del observador. Si pusiéramos un reloj analógico en el suelo, el sentido sería el mismo que el de las agujas del reloj.

¿Qué es el sentido antihorario?

Es el movimiento de derecha a izquierda por delante del observador. Si pusiéramos un reloj analógico en el suelo, el sentido sería el contrario que el de las agujas del reloj.

¿Por dónde sale el Sol? ¿Por dónde se pone? ¿Por qué?

El Sol sale por el este y se pone por el oeste. Esto es debido a que la Tierra gira en sentido antihorario y, al rotar, el primer lado que le enseña al Sol es el lado este.

¿Hacia dónde se mueve la bóveda celeste en el hemisferio norte?

En sentido antihorario, pues la Tierra gira en sentido contrario a las agujas del reloj si miramos hacia el norte.

¿Cuál es la única estrella que parece no moverse en el cielo en el hemisferio norte?

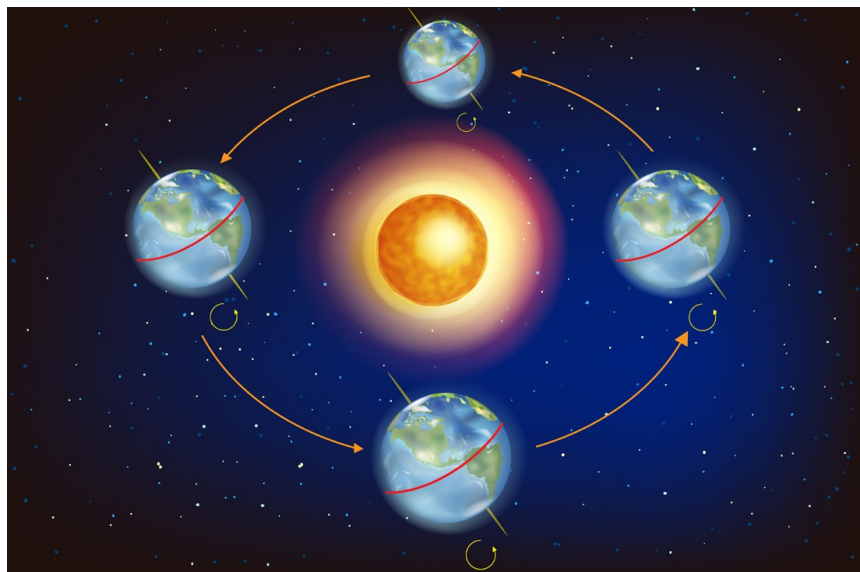
La estrella polar. La bóveda celeste se mueve alrededor de la estrella polar en sentido antihorario.

¿Cómo se mueven las demás estrellas del firmamento con respecto a la estrella polar?

Giran en sentido contrario a las agujas del reloj con respecto a la estrella polar.

¿Por qué el Sol sale por el este y se pone por el oeste?

Por el movimiento de rotación de la Tierra, que va en sentido antihorario, observado desde el hemisferio norte. De esta forma, la primera cara que le da la Tierra al Sol, es la cara este.



Por qué el Sol sale por el este

¿Cómo se mueven las estrellas en la bóveda celeste en el hemisferio norte?

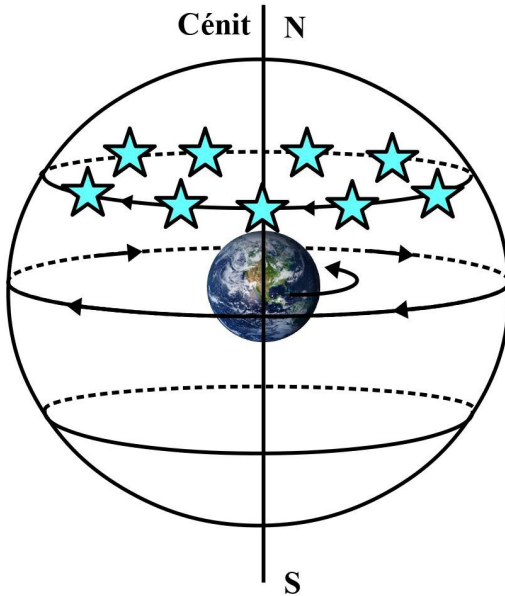
Giran alrededor del polo norte celeste en sentido antihorario.

¿Cómo se mueven las estrellas en la bóveda celeste en el hemisferio sur?

Giran alrededor del polo sur celeste en sentido horario.

¿Cómo es el movimiento de las estrellas en el cielo del polo norte?

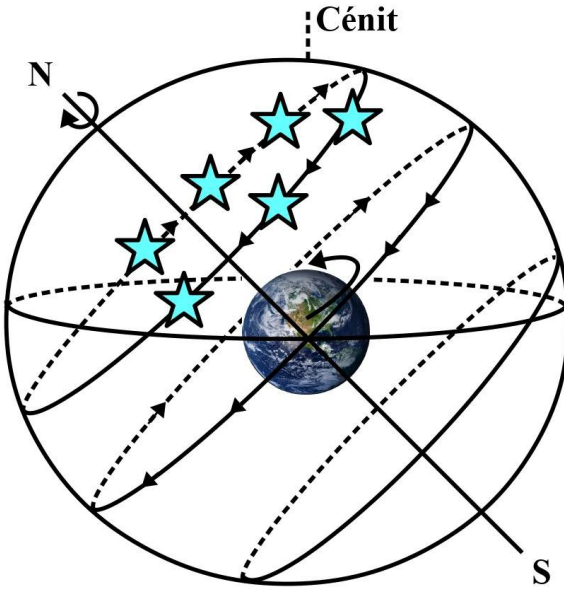
Describen círculos paralelos al ecuador celeste, de tal forma que ninguna estrella aparece ni desaparece por el horizonte. Todas las estrellas trazan círculos paralelos al horizonte celeste, sin salir ni ponerse. Las estrellas son circumpolares. Las estrellas se mueven en sentido antihorario desde el punto de vista del observador terrestre.



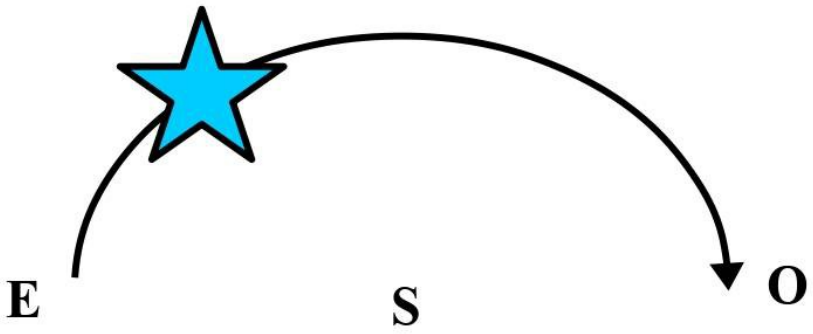
Movimientos de las estrellas en el cielo del polo norte

¿Cómo es el movimiento de las estrellas en latitudes medias del cielo boreal?

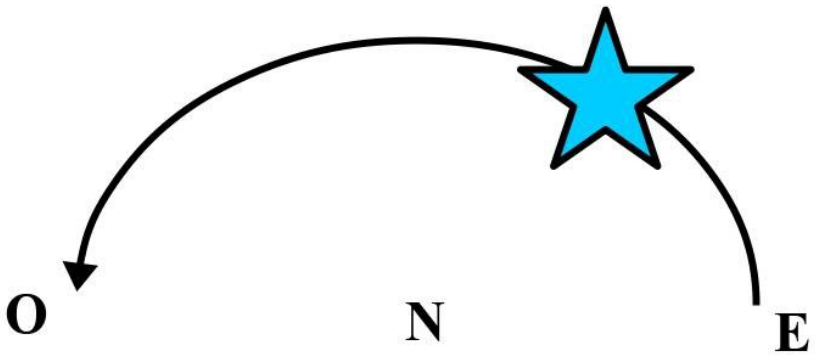
En sentido antihorario alrededor de la estrella polar. Como el polo norte celeste no coincide con el cénit, el eje celeste está inclinado, las estrellas salen por el este y se ponen por el oeste.



Movimientos de las estrellas en el cielo del hemisferio norte

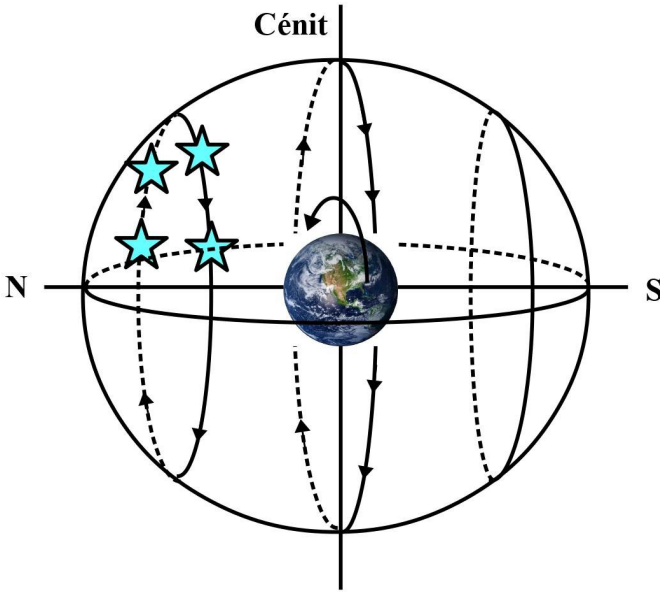


Trayectoria de una estrella cuando el observador mira hacia el sur en el hemisferio norte terrestre



Trayectoria de una estrella cuando el observador mira hacia el norte en el hemisferio sur terrestre

¿Cómo es el movimiento de las estrellas en el cielo del ecuador?  
Como el polo norte celeste está completamente horizontal, las estrellas salen por el este y se ponen por el oeste, describiendo trayectorias perpendiculares al horizonte. Si miramos hacia el norte, las estrellas salen por nuestra derecha, pasan por encima de nosotros y se ponen por nuestra izquierda.



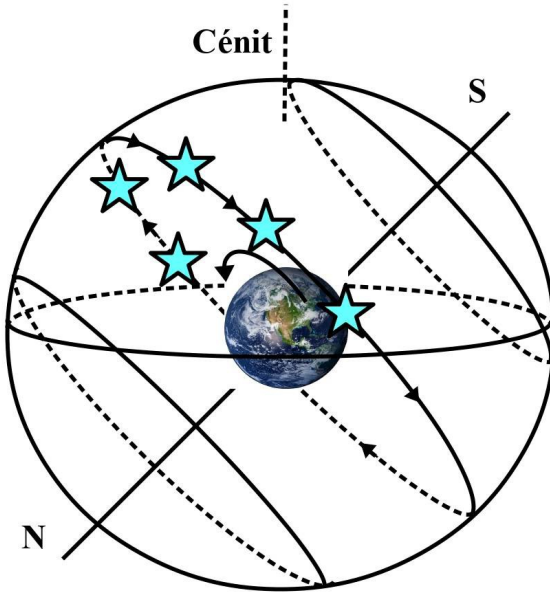
Movimientos de las estrellas en el cielo del ecuador

¿Por qué el ecuador es una posición privilegiada para ver las estrellas?

Porque, tarde o temprano, se ven todas las estrellas del firmamento. No hay ninguna que permanezca oculta tras el horizonte continuamente.

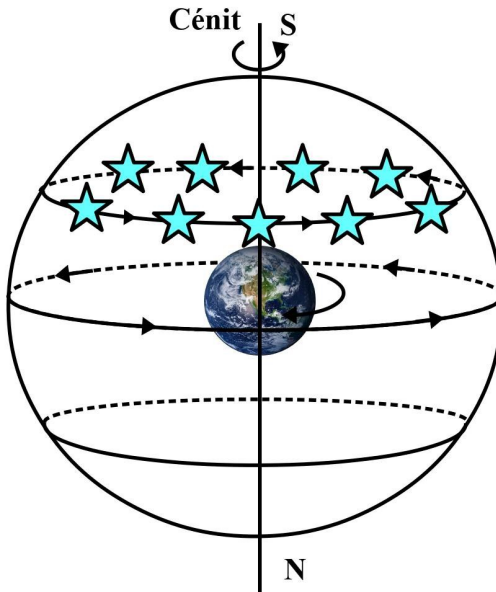
¿Cómo es el movimiento de las estrellas en el cielo de latitudes australes?

En sentido horario alrededor del polo sur celeste. Como el polo norte celeste no coincide con el cenit, el eje celeste está inclinado, las estrellas salen por el este y se ponen por el oeste. Si miramos hacia el norte, las estrellas salen por nuestra derecha y se ponen por nuestra izquierda.



Movimientos de las estrellas en el cielo del hemisferio sur

¿Cómo es el movimiento de las estrellas en el cielo del polo sur?  
Describen círculos paralelos al ecuador celeste, de tal forma que ninguna estrella aparece ni desaparece por el horizonte. Todas las estrellas trazan círculos paralelos al horizonte celeste, sin salir ni ponerse. Las estrellas se mueven en sentido horario desde el punto de vista del observador terrestre.



Movimientos de las estrellas en el cielo del polo sur

¿Qué son las estrellas circumpolares?

Aquellas que dan vueltas alrededor del polo celeste y ni salen ni se ponen, están siempre por encima del horizonte.

¿Qué condición debe cumplir una estrella para ser circumpolar?

Que su distancia angular hasta el polo celeste sea menor que la latitud a la que se encuentra el observador.

¿Hay alguna estrella circumpolar en latitudes boreales medias?

Sí, toda aquella cuya distancia angular al polo celeste sea menor que su altura sobre el horizonte.



¿Hay alguna estrella que no salga ni se ponga en latitudes australes medias?

Sí, toda aquella cuya distancia angular al polo celeste sea menor que su altura sobre el horizonte.

¿Cuál es la diferencia de tiempo en la salida de una estrella de un día al siguiente?

Cada día, las estrellas adelantan su salida en dos minutos. Esto supone dos horas al mes. Cada estrella sale exactamente a la misma hora ahora y dentro de un año.



Estrellas circumpolares. Tomada con largo tiempo de exposición.

¿Qué es una órbita?

La trayectoria que describe un cuerpo celeste al moverse por el espacio.

¿Cuáles son las órbitas posibles?

El círculo, la elipse, la parábola y la hipérbola.

¿De qué depende el que un cuerpo celeste tenga una órbita u otra?

De su energía mecánica, es decir, de la suma de su energía cinética y de su energía potencial.

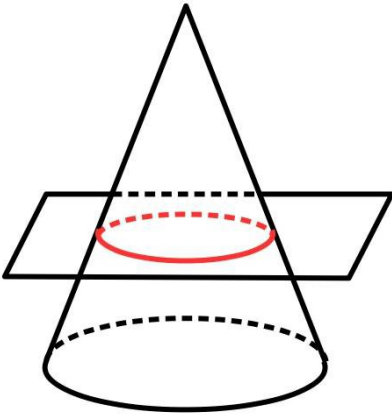
<b>Tipo de órbita</b>	<b>Energía mecánica, <math>E_M</math></b>
Circular	Negativa. La energía cinética es constante y la potencial también
Elíptica	Negativa. Las energías cinética y potencial son variables
Parabólica	Cero
Hiperbólica	Positiva

¿Qué es una cónica o curva cónica?

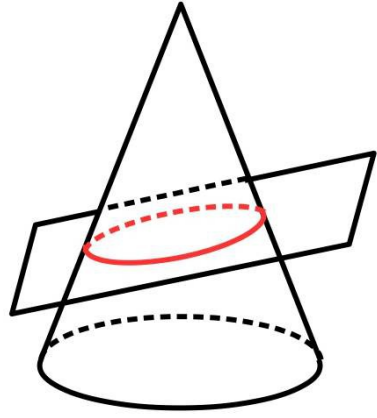
Es una curva que se obtiene cortando un cono con un plano que no pase por su centro. Todo objeto celeste se mueve siguiendo una cónica.

¿Cuáles son las cónicas?

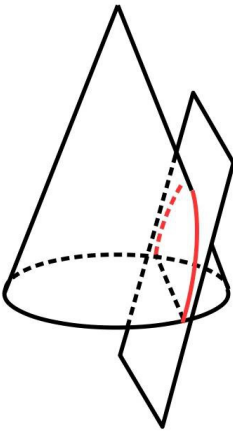
Las cónicas son: círculo, elipse, parábola e hipérbola.



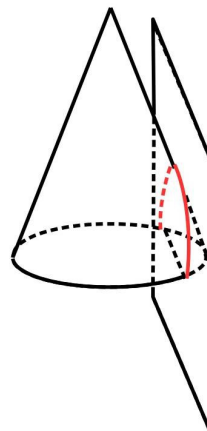
Círculo



Elipse



Parábola



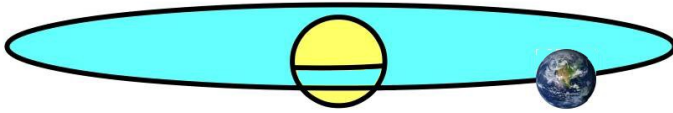
Hipérbola

¿Qué es la excentricidad?

Es un parámetro utilizado en matemáticas y en Astronomía para indicar lo achatada o alargada que está una curva cónica. La excentricidad cero corresponde a una circunferencia.

¿Qué es un plano orbital?

El plano en el que se mueve una estrella, un planeta o un satélite cuando describe su órbita.



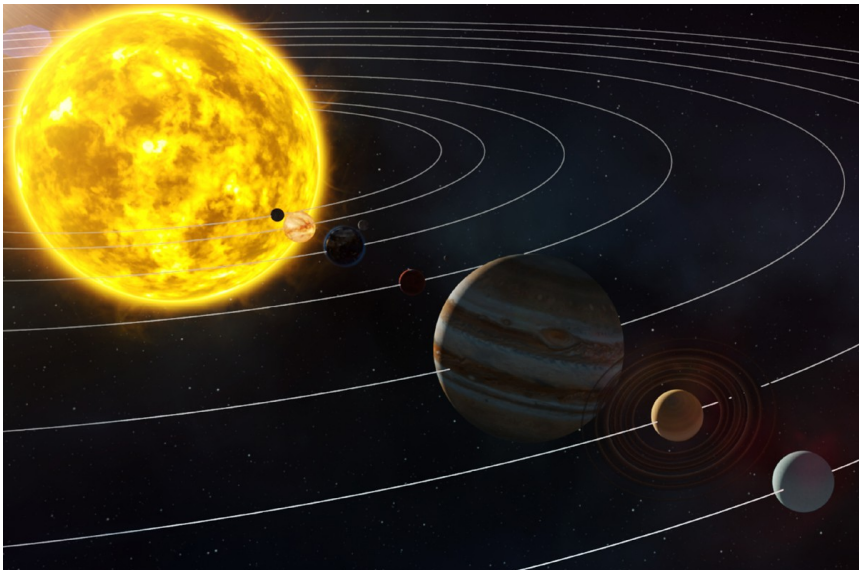
Plano orbital de la Tierra

¿Qué es la eclíptica aparte de la trayectoria aparente del Sol en el cielo?

Es el plano orbital del Sol y de los planetas.

¿Están todos los planetas del Sistema Solar en el mismo plano orbital?

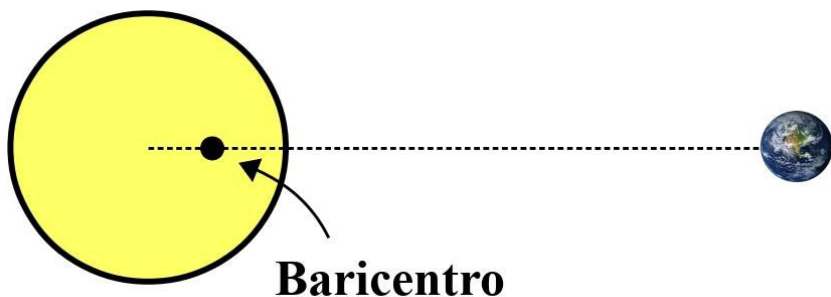
Sí, lo están. Los cuerpos que no están en el plano orbital de los planetas son Plutón y algunos cometas.



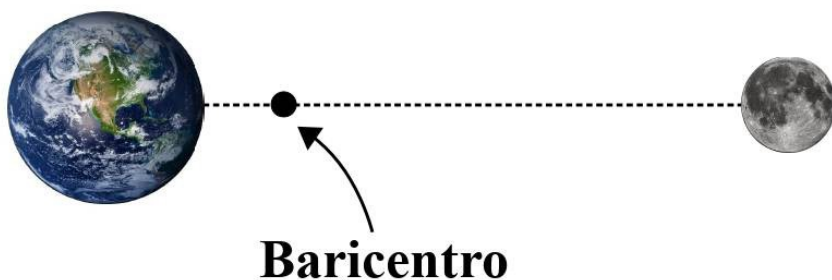
Planos orbitales de los planetas

¿Qué es el baricentro?

Es el centro de gravedad de un sistema de dos cuerpos celestes en el que uno gira alrededor del otro.



Baricentro del sistema Tierra-Sol



Baricentro del sistema Tierra-Luna

¿Qué importancia tiene el baricentro en mecánica celeste?

Que la estrella y el planeta o bien el satélite y el planeta giran en torno al baricentro. Es decir, ni la estrella ni el planeta permanecen inmóviles por la rotación del otro cuerpo.

¿Por qué el baricentro del sistema Tierra-Sol está dentro del Sol?

Porque la masa del Sol es mucho mayor que la de la Tierra. El baricentro puede estar en cualquier punto del segmento que une a los centros de gravedad de los dos cuerpos celestes.

¿Qué es la inclinación de la órbita?

Es el ángulo entre el plano de la órbita de un cuerpo celeste y el plano de la órbita de la Tierra.

¿Cómo se mueven los planetas en la esfera celeste en el hemisferio norte?

Se mueven cerca de la línea de la eclíptica. Al igual que el Sol, salen por el este y se ponen por el oeste. Si miramos hacia el sur, salen por nuestra izquierda y se ponen por nuestra derecha.

¿Cómo se mueven los planetas en la esfera celeste en el hemisferio sur?

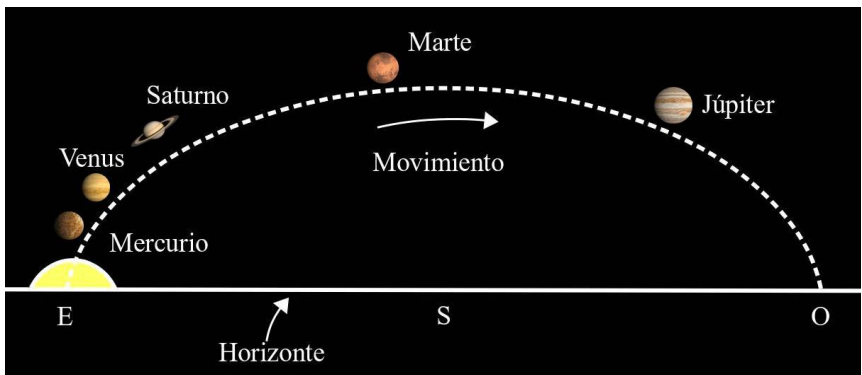
Se mueven cerca de la línea de la eclíptica. Al igual que el Sol, salen por el este y se ponen por el oeste. Si miramos hacia el norte, salen por nuestra derecha y se ponen por nuestra izquierda.

¿Qué dos tipos de movimientos pueden tener los planetas en el cielo?

Tienen dos tipos de movimientos: el directo y el retrógrado.

¿Qué es el movimiento directo?

Es aquel movimiento que tienen los planetas del Sistema Solar desplazándose desde el oeste hacia el este. No debe confundirse con el sentido de rotación sobre sí mismo, que puede ser igual o contrario.



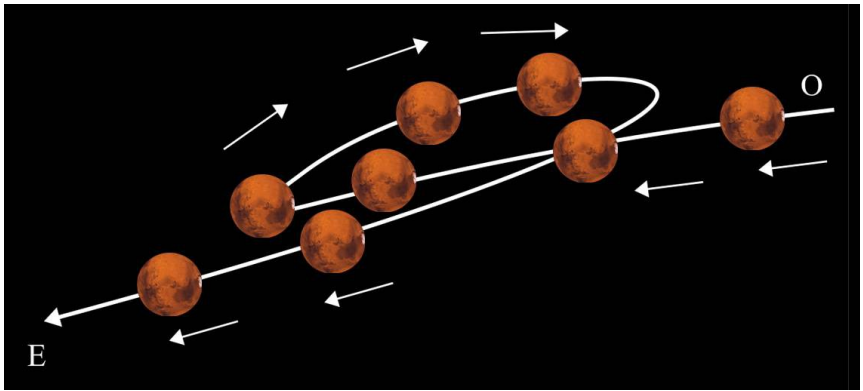
Movimiento directo de los planetas en el hemisferio norte

¿Qué es el movimiento retrógrado?

Es el movimiento en el sentido de las agujas del reloj que realizan algunos planetas alrededor del Sol. No debe confundirse con el sentido de rotación sobre sí mismo, que puede ser igual o contrario. El planeta se mueve en sentido antihorario, llega un momento en que se detiene aparentemente, se mueven en sentido horario, se vuelven a parar y vuelven a moverse en sentido antihorario.

¿Cómo se le llama también al movimiento retrógrado?

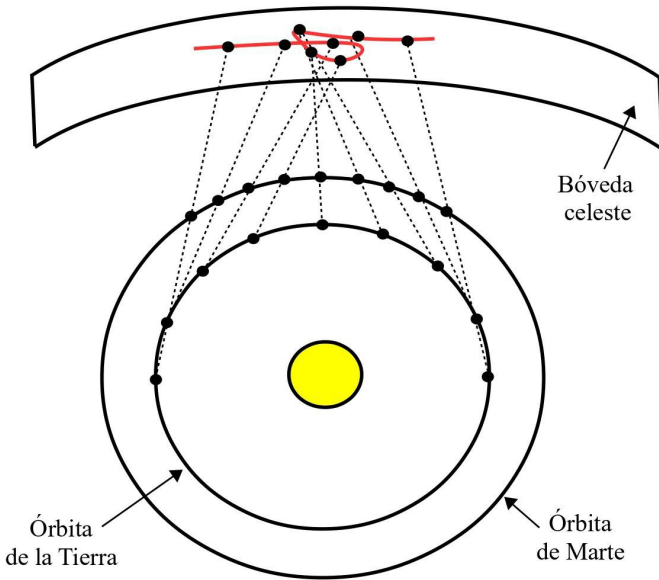
También se le llama movimiento retrógrado aparente o retrogradación.



Movimiento retrógrado o retrogradación

¿Por qué se produce la retrogradación?

Por las posiciones relativas del planeta observado y de nuestro planeta. Como el período de revolución de la Tierra es mayor que el de Marte, hay unos días al año en los que la Tierra adelanta a Marte y Marte parece retroceder en la esfera celeste.



Explicación de la retrogradación de los planetas exteriores

¿Por qué se dice que los planetas se mueven de este a oeste pero también que se mueven de oeste a este?

Dependiendo del movimiento prioritario que se tenga en cuenta.

¿Por qué se dice que los planetas se mueven de este a oeste?

El Sol, la Luna y los planetas salen por el este y se ponen por el oeste. Esto es debido a la rotación de la Tierra, que gira en sentido antihorario visto desde el hemisferio norte y el lado este es el primero que muestra la Tierra a la bóveda celeste. Los planetas en 24 h no se han movido apenas de la constelación en la que estaban pero sí se han movido en el cielo. En realidad, es la Tierra la que más se ha movido.

¿Por qué se dice que los planetas se mueven de oeste a este?

Porque no estamos teniendo en cuenta la rotación, sino la traslación de la Tierra y de los otros planetas. Para ello, anotamos o fotografiamos las posiciones de los planetas en la esfera celeste y observamos que los planetas se mueven en la bóveda celeste, cambiando de constelaciones de oeste hasta este. A lo largo del año, los planetas van cambiando de constelación del Zodíaco.



¿Qué tipos de movimientos pueden presentar los cuerpos celestes según el sentido de traslación o de rotación?

El movimiento directo y el movimiento retrógrado.

¿En qué consiste el movimiento directo?

En el movimiento en el sentido contrario a las agujas del reloj, visto desde el polo norte. Se refiere tanto a la rotación como a la traslación.

¿En qué consiste el movimiento retrógrado?

En el movimiento en el sentido de las agujas del reloj, visto desde el polo norte. Se refiere tanto a la rotación como a la traslación.

¿Es lo mismo trayectoria retrógrada que retrogradación?

No es lo mismo, aunque a veces se confunden. El movimiento retrógrado es el movimiento en el sentido de las agujas del reloj. La retrogradación es el movimiento aparente hacia atrás que presentan algunos planetas en el cielo.

¿Qué cuerpos celestes presentan movimiento directo o antihorario?

Casi todos los cuerpos del Sistema Solar: los planetas y sus satélites, tanto en la rotación como en la traslación.

¿A qué es debida esta coincidencia?

Al sentido de giro de la nebulosa solar primigenia, que era también antihorario.

¿Qué cuerpos celestes presentan movimiento retrógrado u horario?

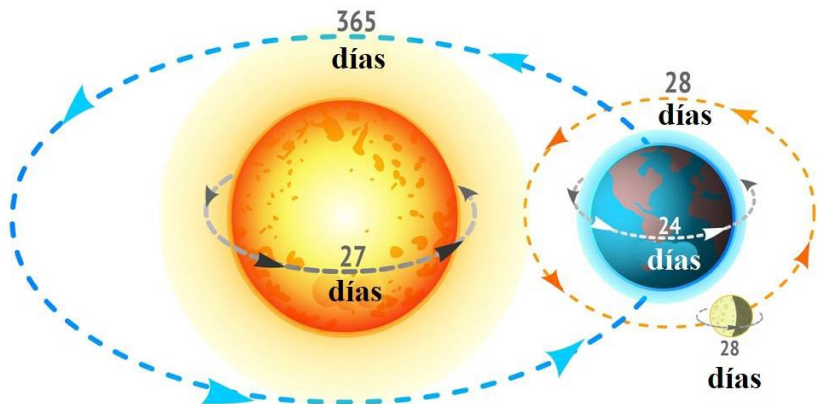
Los planetas Venus y Urano y algunos cometas. Es decir, estos cuerpos celestes giran sobre sí mismos en sentido horario.

¿Es posible que dos planetas choquen entre sí?

Es posible pero poco probable pues las distancias son enormes y los períodos de traslación son muy grandes. En el pasado ocurrió con cierta frecuencia.

¿Por qué la Luna siempre nos muestra la misma cara?

Porque su tiempo de rotación coincide con su tiempo de traslación alrededor de la Tierra, unos 28 días.



Por qué la Luna siempre muestra la misma cara

¿Se mueven las estrellas unas con respecto a otras en la esfera celeste?

Sí, pero no es apreciable en una vida humana. Por eso siempre las vemos a la misma distancia relativa las unas de las otras.

¿Qué es el movimiento propio?

Es el movimiento relativo de unas estrellas con respecto a otras. Es muy pequeño y es sólo apreciable en cuestión de siglos o milenios. Es el responsable de que las constelaciones cambien de forma.

¿Qué son las perturbaciones?

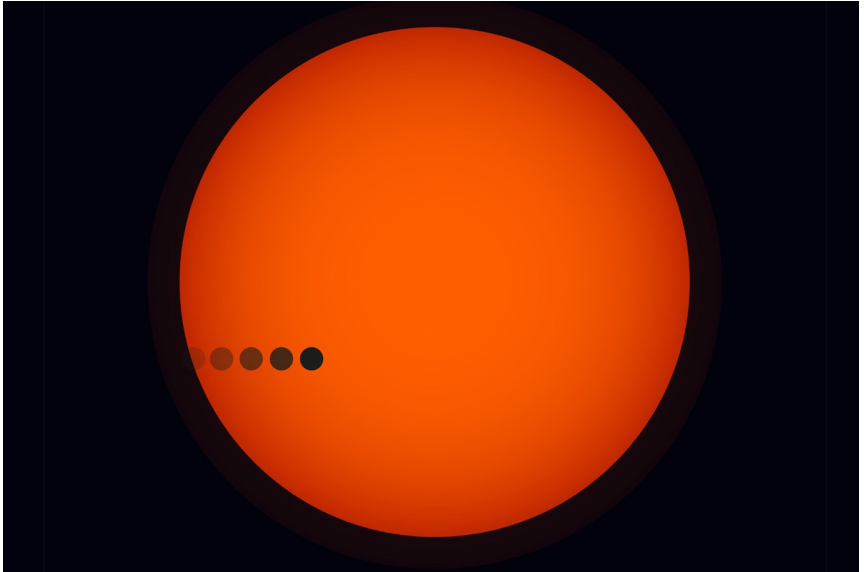
Son los cambios que experimenta el movimiento de un cuerpo celeste por la influencia de cuerpos celestes cercanos.

¿A qué afectan las perturbaciones?

Afecta sobre todo a la trayectoria y a la velocidad.

¿Qué es un tránsito?

Es el paso de un cuerpo celeste por el meridiano de un lugar. Es también un fenómeno que consiste en que un cuerpo pequeño se sitúa delante de un cuerpo más grande, en la línea de observación. Ejemplos: los tránsitos de Mercurio y Venus delante del Sol.



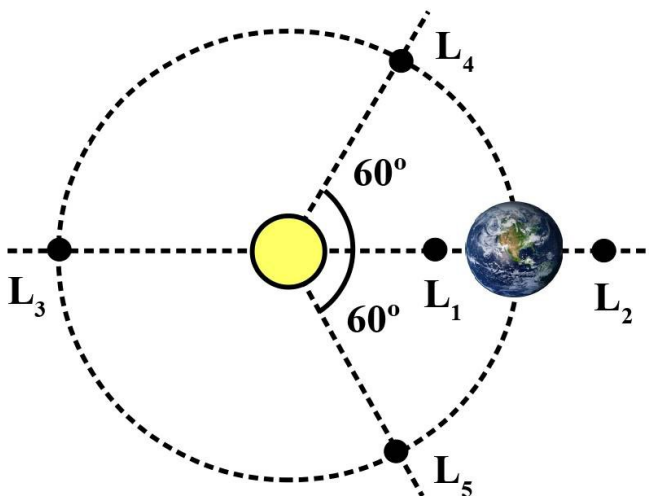
Tránsito de Mercurio

¿Qué son los puntos de Lagrange?

Son los cinco puntos alrededor de un planeta y su satélite en los que un cuerpo puede estar estacionario, es decir, mantener una posición estable, a unas distancias constantes con respecto al planeta y al satélite. En esos puntos, la fuerza gravitatoria iguala a la fuerza centrípeta.

¿Cómo se representan esos puntos?

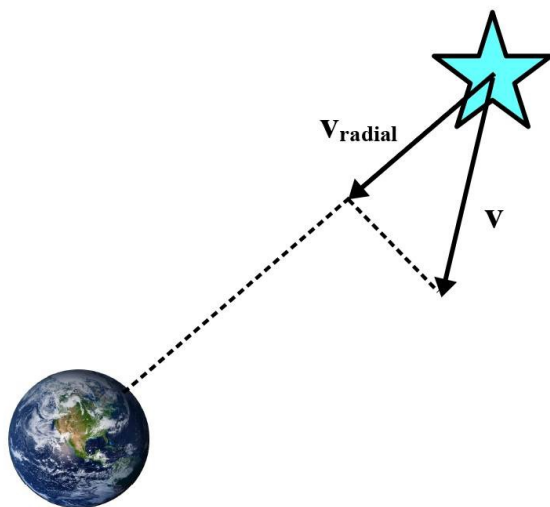
Con los símbolos  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$  y  $L_5$ .



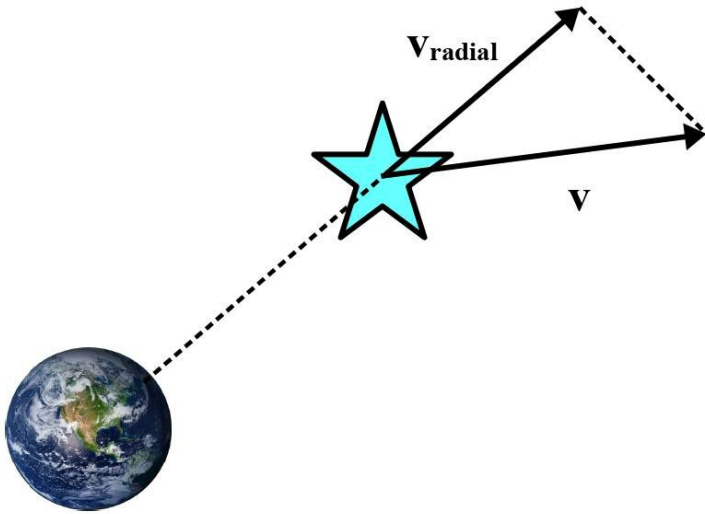
Puntos de Lagrange

¿Qué es la velocidad radial?

Es la proyección de la velocidad de una estrella sobre la línea que la une con la Tierra. Es positiva si se aleja de nosotros y negativa si se acerca a nosotros.



Velocidad radial de un cuerpo que se acerca



Velocidad radial de un cuerpo que se aleja

¿Se mueven los cometas por una determinada zona del cielo?

No. Los cometas pueden tener cualquier recorrido en el firmamento.

## Observación del cielo

¿Cuáles son algunos instrumentos astronómicos antiguos?

El astrolabio, el sextante y la esfera armilar.

¿Para qué sirve el astrolabio?

Para determinar la altitud de una estrella sobre el horizonte, para determinar la latitud en la que nos encontramos y para determinar la altura del Sol. A partir de la latitud de una estrella se puede determinar la hora y, al contrario, a partir de la hora se puede determinar la latitud.

¿Para qué sirve el sextante?

Para determinar la separación angular entre dos cuerpos celestes. También, para los mismos usos que el astrolabio, pero el sextante tiene mayor precisión.

¿Para qué sirve la esfera armilar?

Para localizar a los astros en la esfera celeste.



Astrolabio



Sextante



Esfera armilar

¿Cómo podemos observar el cielo?

A simple vista, con unos prismáticos o con un telescopio.

¿Qué tipo de estrellas pueden verse a ojo desnudo?

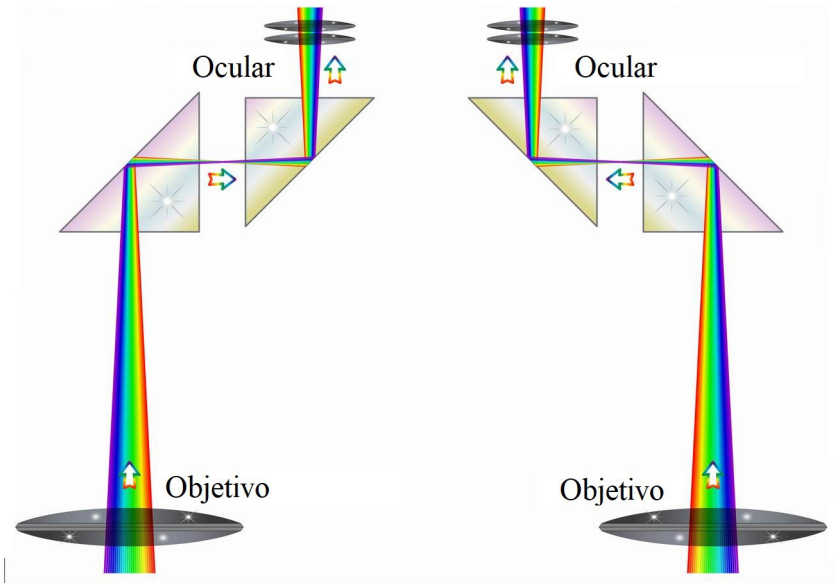
Las de magnitud aparente 5 o incluso 6. Esto incluye unas 1000 estrellas en el firmamento.

¿Por qué los prismáticos se llaman así?

Porque tienen unos prismas de base triangular, además de unas lentes convergentes.

¿Qué indican los dos números de las características de unos prismáticos?

El primero indica los aumentos de la imagen y el segundo el diámetro de cada lente objetivo en milímetros. Ejemplo: 7 x 50.



Interior de unos prismáticos

¿Con qué está relacionado el diámetro de las lentes de unos prismáticos o de un telescopio?

Con la luminosidad, es decir, con la cantidad de luz que puede captar el aparato. A mayor diámetro, mayor luminosidad.

¿Quién inventó el telescopio?

Hans Lipperhey, un fabricante de anteojos holandés, en 1606.

¿Qué tipos principales de telescopios existen?

El refractor, el reflector y el catadióptrico.

¿Cuál es la principal característica de un telescopio refractor?

La imagen se amplía exclusivamente con lentes.

¿Cuál es la principal característica de un telescopio reflector?

La imagen se amplía exclusivamente con espejos.

¿Cuál es la principal característica de un telescopio catadióptrico?

La imagen se amplía con una combinación de lentes y espejos.

¿Cuáles son los principales elementos de un telescopio?

El objetivo y el ocular. El objetivo es de mayor tamaño y está del lado del cuerpo que se quiere observar. El ocular es de menor tamaño y está del lado del observador.

¿Qué misión tiene cada uno de ellos?

El objetivo tiene la misión de hacer converger la imagen del cuerpo celeste y el ocular de ampliarla.

¿Cuál es la principal diferencia en cuanto a elementos constituyentes hay entre un telescopio refractor y uno reflector?

El refractor sólo dispone de lentes y el reflector dispone de espejos y lentes.

¿Qué son los espejos primario y secundario de un telescopio reflector?

El espejo primario es el que hace de objetivo y recibe directamente la luz del cuerpo celeste. El espejo secundario recibe la luz del espejo primario y la envía hacia otro espejo o hacia una lente.

¿Qué tipos de elementos son el objetivo y el ocular?

El objetivo puede ser una o varias lentes o un espejo. Si el objetivo es una o varias lentes, el telescopio es refractor. Si el objetivo es un espejo, el telescopio es reflector. El ocular suele consistir en dos lentes.

¿Qué es la distancia focal,  $f$  ?

En óptica, es la distancia entre el objetivo y el punto en el que se forma la imagen de un cuerpo situado en el infinito. A mayor distancia focal, mayor tamaño de la imagen.



¿Qué es el poder condensador de la luz de un telescopio?

La capacidad que tiene de que los objetos aparezcan más brillantes.

¿Qué es el poder amplificador de un telescopio?

La capacidad que tiene de aumentar la parte del cielo en observación.

¿De qué depende el aumento de un telescopio?

De las distancias focales del objetivo y del ocular. Cuanto mayor es el tamaño de un objetivo, mayor es su distancia focal. Por eso, los telescopios más potentes tienen objetivos de gran tamaño.

Aumento = distancia focal del objetivo / distancia focal del ocular

¿Qué es el poder de resolución de un telescopio?

Es la capacidad del telescopio de distinguir dos puntos o dos líneas muy próximos entre sí. Es directamente proporcional al diámetro del objetivo.

¿Qué es el límite de Dawes?

Es una fórmula para determinar el poder de resolución de un telescopio.

¿Qué es la relación focal?

Es el cociente entre la distancia focal de un objetivo y su diámetro. Cuanto más pequeña sea la relación focal de un telescopio, mayores serán su luminosidad y el campo visual que abarque. Se expresa como  $f$  (distancia focal) dividida por un número.

¿Qué relaciones focales son aconsejables para cada tipo de observación?

a) Para cuerpos celestes poco luminosos: entre  $f/5$  y  $f/8$ .

b) Para la observación de planetas:  $f/12$  y de mayor denominador (menor cociente).

¿Qué es un filtro óptico?

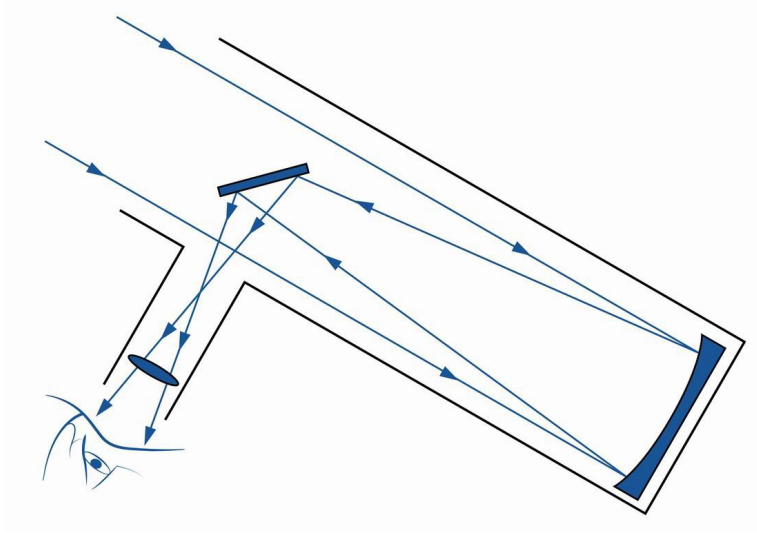
Es un dispositivo óptico que cambia las características de la luz que lo atraviesa, como la intensidad o el tipo de radiación que la atraviesa. Se utilizan, por ejemplo, en la observación solar, para evitar daños en la retina.



Filtro óptico

¿Cuáles son los principales telescopios reflectores?  
El tipo Newton y el tipo Cassegrain.

¿Cómo es el telescopio tipo Newton?  
Dispone de un espejo primario cóncavo, de un espejo secundario plano y de una lente ocular.



Telescopio tipo Newton

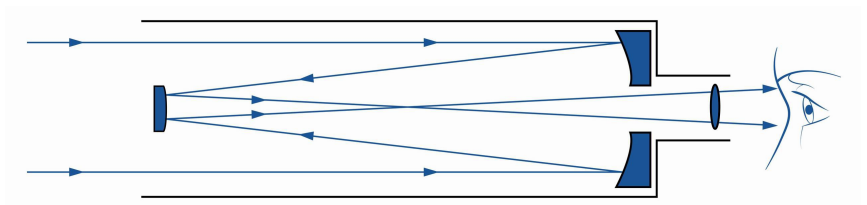
¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes del tipo Newton?

Ventajas: económico, su gran diámetro le da gran luminosidad y no tiene aberración cromática.

Desventajas: menor contraste que uno refractor y se ensucia más al estar abierto.

¿Cómo es el telescopio tipo Cassegrain?

Dispone de un espejo primario parabólico, de otro secundario hiperbólico y de una lente ocular.



Telescopio tipo Cassegrain

¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes del tipo Cassegrain?

Ventajas: manejable, práctico y fácil de transportar.

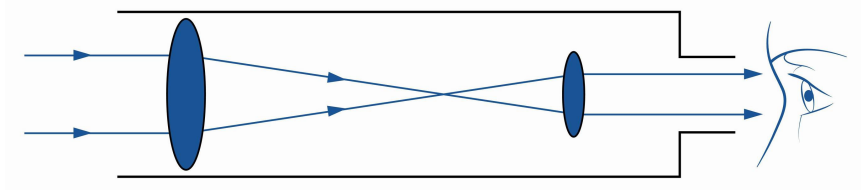
Desventajas: más caro que el newtoniano de igual apertura.

¿Qué tipos de telescopios refractores existen?

El tipo Kepler y el tipo galileano.

¿Cómo es el telescopio tipo Kepler?

Las dos lentes son convergentes.



Telescopio tipo Kepler

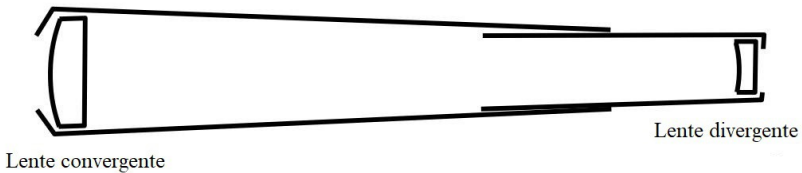
¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes del tipo Kepler?

Ventajas: imagen de mayor calidad y contraste que en los reflectores.

Desventajas: imagen invertida

¿En qué consiste el antejo holandés o galileano?

En un objetivo consistente en una lente convergente y en un ocular consistente en una lente divergente. A diferencia del telescopio tipo Kepler, la imagen es derecha.



Telescopio galileano

¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes del tipo galileano?

Ventajas: imagen de mayor calidad y contraste que en los reflectores.

Desventajas: más caro que los reflectores de igual apertura.

¿Qué es un telescopio Smith?

Es un tipo de telescopio reflector que contiene una lente de vidrio en el ocular y un espejo cóncavo como objetivo. Tiene una fina lámina para corregir la aberración esférica.

¿Qué es la aberración óptica?

Es la distorsión de una imagen que presentan las lentes.

¿Qué tipos de aberraciones existen?

La aberración esférica, la aberración cromática, la coma, el astigmatismo y la curvatura de campo.

¿En qué consiste la aberración esférica?

En que todos los rayos no convergen en el foco y los rayos que pasan por los extremos de la lente se refractan más que los que pasan por el centro. Distintos rayos convergen en distintos focos.

¿Cómo se corrige la aberración esférica?

Haciendo que las caras de las lentes sean parabólicas en lugar de esféricas.

¿En qué consiste la aberración cromática?

En que distintos colores tienen distintos focos, es decir, distintos puntos de convergencia.

¿En qué consiste la coma?

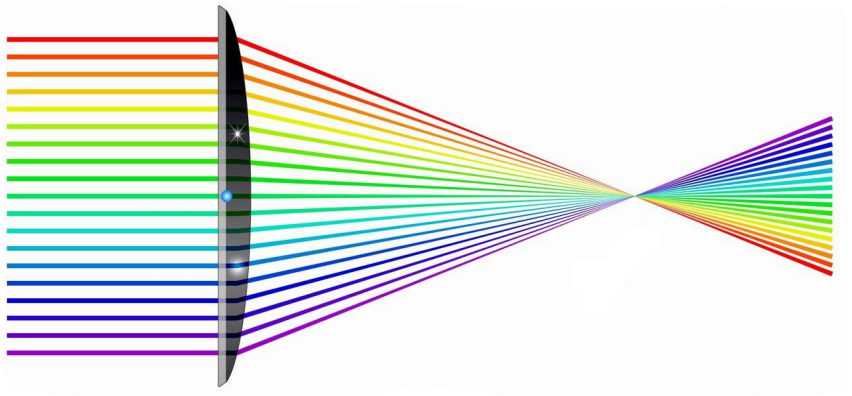
En que los rayos no llegan paralelos al eje óptico, sino oblicuos y aparece una coma, similar al signo ortográfico.

¿En qué consiste el astigmatismo?

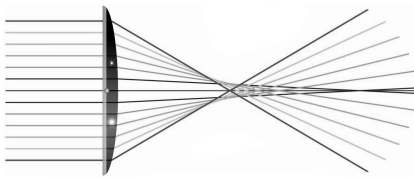
En que la lente proyecta el plano horizontal y el plano vertical a distintas distancias.

¿En qué consiste la curvatura de campo?

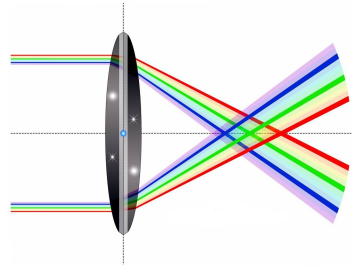
En que los rayos convergen demasiado pronto.



Lente sin aberración



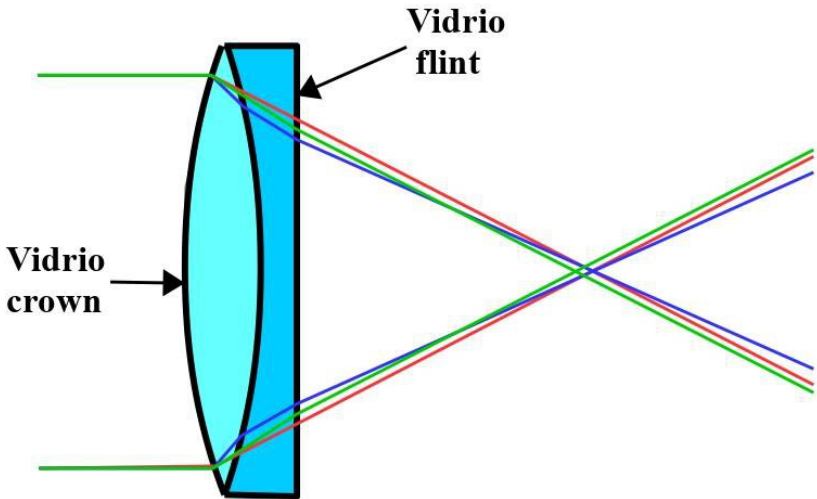
Aberración esférica



Aberración cromática

¿Qué es un sistema acromático?

Es un sistema formado por una lente convergente y otra divergente que permite corregir la aberración cromática. La lente convergente está hecha de vidrio crown y la divergente de vidrio flint, que son dos tipos distintos de vidrios con distintos índices de refracción.



Sistema acromático

¿Qué es esa mirilla que tienen lateralmente algunos telescopios?  
Es un buscador. Es un minitelescopio colocado paralelamente al telescopio principal.

¿Para qué sirve un buscador?  
Para localizar rápidamente el objeto celeste a observar. Esto es posible porque el buscador tiene un campo visual más amplio que el telescopio, al tener menos aumentos.



Buscador

¿Qué tipos de telescopios existen según su funcionamiento?  
Manual, motorizado y computerizado.

¿Cómo es un telescopio de desplazamiento manual?  
Los movimientos para seguir a los cuerpos celestes se realizan a mano.

¿Cómo es un telescopio motorizado?  
Los movimientos se realizan con un motor.

¿Cómo es un telescopio computerizado?  
Los movimientos se realizan automáticamente después de introducir las coordenadas o el nombre del cuerpo celeste a observar.

¿Qué es la montura de un telescopio?  
Es un dispositivo que sostiene al telescopio y permite seguir el movimiento de los cuerpos celestes.



¿Qué tipos de monturas puede tener un telescopio según la orientación?

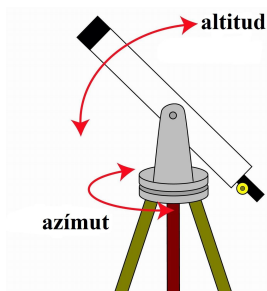
La acimutal o altacimutal y la ecuatorial.

¿Cómo es la montura acimutal?

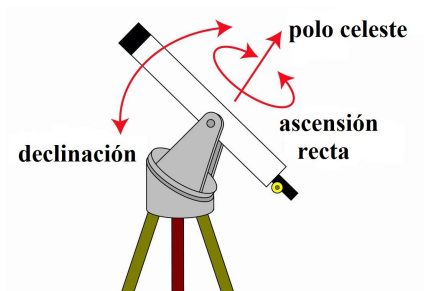
Es más fácil de transportar. El telescopio se puede mover horizontal y verticalmente. El movimiento de los cuerpos celestes hay que seguirlo haciéndole dos movimientos al telescopio, según el azimut y la altitud.

¿Cómo es la montura ecuatorial?

Requiere de contrapeso. El eje del telescopio es paralelo al eje de rotación de la Tierra. El movimiento de los cuerpos celestes hay que seguirlo con un solo movimiento del telescopio, modificando la ascensión recta, pues la declinación es constante.



Montura acimutal



Montura ecuatorial

¿Qué es un astrógrafo?

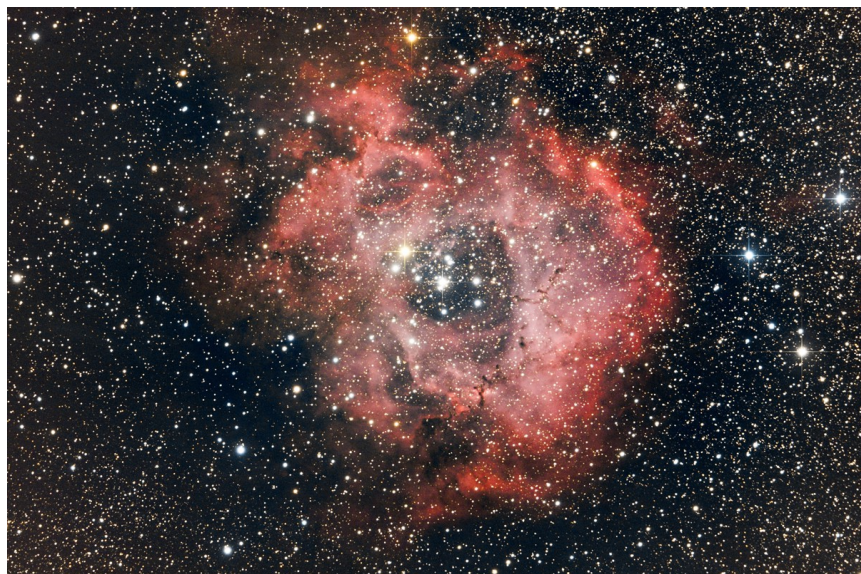
Es un telescopio utilizado para hacer fotografías astronómicas.

¿Son coloreadas todas las imágenes que se captan del espacio?

No. Los detectores electrónicos captan imágenes en blanco y negro. Además, algunas imágenes no están en el rango del visible. Es el ordenador el encargado de darle color a las imágenes. Por eso, una misma imagen de un cuerpo celeste puede aparecer en distintos colores.



Nebulosa Roseta en verde



Nebulosa Roseta en rojo

¿Cuáles son los telescopios astronómicos más conocidos del mundo?

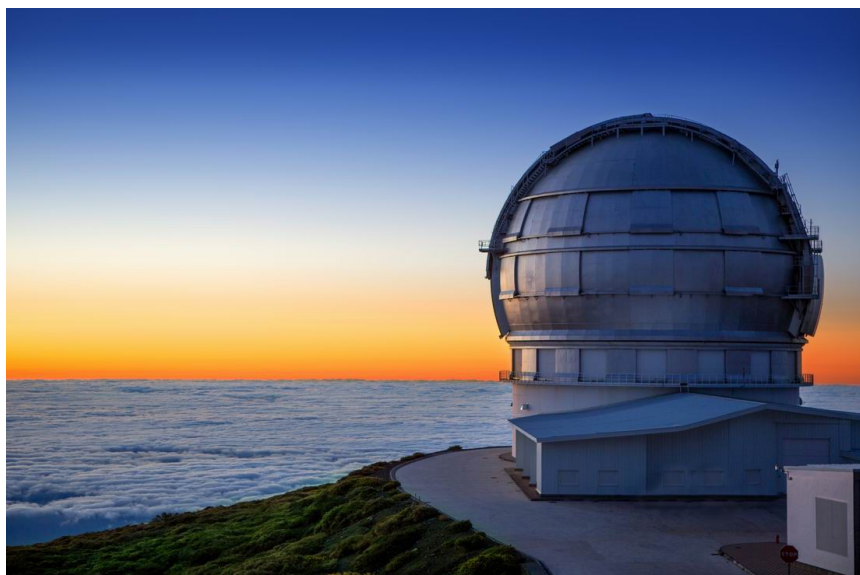
El telescopio Hale, en el observatorio del Monte Palomar (San Diego, California), VLT (Very Large Telescope) (Chile), Gran Telescopio Canarias (Islas Canarias), telescopios Mauna Kea (Hawai), Gran telescopio sudafricano (Sudáfrica), gran telescopio binocular (Arizona) y telescopio Subaru (Japón).



Monte Palomar (California)



Very Large Telescope (Chile)



Gran telescopio Canarias



Telescopios Mauna Kea (Hawai)

¿Qué es el radiotelescopio de Effelsberg?

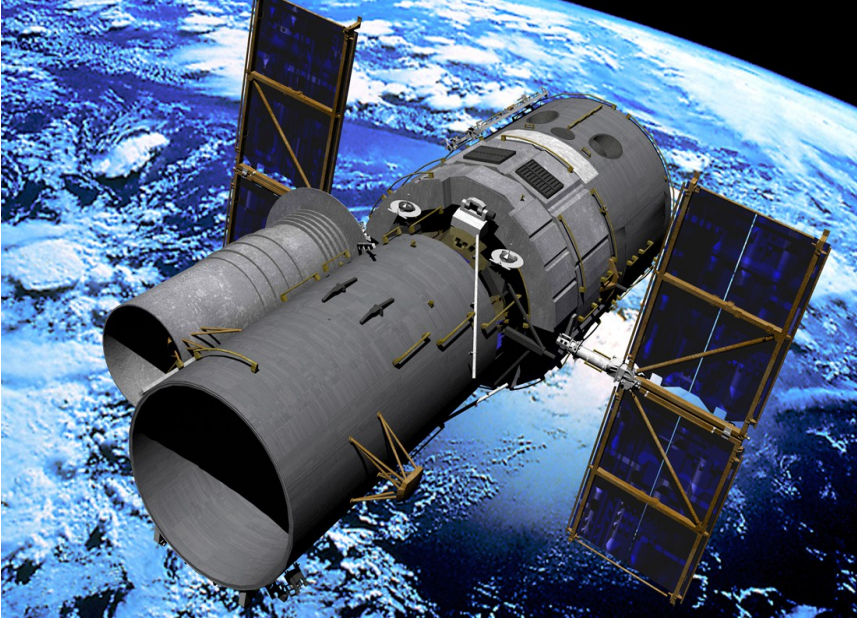
Es el radiotelescopio móvil más grande del mundo. Se encuentra en Alemania Occidental.

¿Qué es el observatorio de Greenwich?

Es el observatorio inglés más famoso. El meridiano en el que se encuentra ha sido elegido como meridiano de longitud cero.

¿Qué es el telescopio Hubble?

Es un telescopio situado en el espacio y que está dando vueltas alrededor de la Tierra. Al estar por encima de la atmósfera, se consiguen observaciones mucho mejores.



Telescopio Hubble

¿Qué es la radioastronomía?

Es la rama de la Astronomía que estudia la emisión de ondas de radio por parte de los cuerpos celestes.



Radiotelescopios

¿Qué es un paraboloide?

Es una superficie obtenida al hacer girar una parábola alrededor de su eje de simetría. Tienen forma de paraboloide las antenas de los radiotelescopios y los espejos cóncavos de algunos telescopios reflectores.

¿Qué es Arecibo?

Es el radiotelescopio más grande del mundo, situado en Puerto Rico. El espejo tiene un diámetro de 305 metros.



Telescopio de Arecibo

¿Qué es el planisferio celeste?

Es una representación en un plano de todo lo que se ve en el cielo desde una determinada latitud en la Tierra. Muestra las principales estrellas, constelaciones visibles en el hemisferio norte y en el sur y algunas líneas de referencia, como la eclíptica.

¿Qué otros nombres recibe el planisferio celeste?

Mapa estelar, mapa celeste, carta estelar y carta celeste.

¿Cómo se han realizado los planisferios celestes?

Con fotografías del cielo de telescopios de largo alcance.

¿Qué problema tienen los planisferios?

Que son representaciones planas de imágenes curvas. La representación es correcta cuando se trata de la zona central, pero las zonas más al norte y más al sur aparecen distorsionadas.



¿Cuál es la solución?

Hacer dos mapas estelares más: uno para el hemisferio norte y otro para el hemisferio sur.



Planisferio celeste

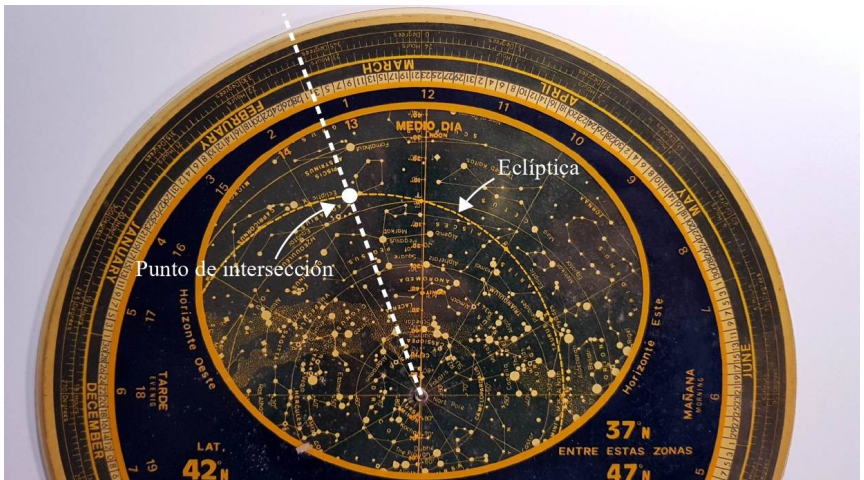


Planisferio manual

¿Cuáles son las dos formas de usar un planisferio manual?  
Averiguando el aspecto del cielo un determinado día y a una determinada hora o averiguando las horas de orto (amanecer) y ocaso (puesta de Sol).



Determinación del aspecto del cielo



Determinación de las horas de orto y ocaso

¿Cómo se averigua el aspecto del cielo un determinado día y a una determinada hora?

Se hacen coincidir el círculo de la hora con el círculo de la fecha. La ventana muestra el aspecto del cielo en ese día y a esa hora. Ejemplo: en la figura, la ventana del planisferio muestra el aspecto del cielo el 24 de mayo a las 11 o el 11 de mayo a las 12 o el 23 de abril a la 1.

¿Cómo averiguamos las horas de orto y ocaso?

Unimos el centro del planisferio con el día del círculo exterior. Anotamos el punto de intersección con la eclíptica. Movemos el planisferio y vemos que la línea del horizonte coincide dos veces con ese punto: una a la izquierda y otra a la derecha de la ventana. De esta forma registramos las horas de salida y de puesta del Sol.

¿Qué es un planetario?

Es un edificio con una cúpula en cuyo interior se proyecta el aspecto del cielo nocturno y también documentales y presentaciones astronómicas.



Interior de un planetario



Exterior de un planetario

¿Qué es un catálogo de estrellas o catálogo estelar o catálogo astronómico?

Es un listado de estrellas con sus posiciones y sus características.

¿Qué son las efemérides?

Es un recopilación de datos numéricos de las coordenadas de los cuerpos celestes que permite su localización en la esfera celeste.

¿Por qué no podemos ver todas las estrellas que existen un día cualquiera?

- a) Porque el instrumento de observación no es lo bastante potente.
- b) Porque delante de la estrella hay otros cuerpos celestes que impiden su observación.
- c) Porque algunas estrellas sólo son visibles en el hemisferio norte o en el hemisferio sur.
- d) Porque algunas estrellas sólo son visibles en una época del año. Esto se debe a la traslación de la Tierra.
- e) Por la contaminación lumínica.

¿Qué es la contaminación lumínica?

Es la emisión excesiva e inadecuada de luz artificial que dificulta la observación astronómica. Proviene fundamentalmente de las ciudades.



Contaminación lumínica

¿Qué es la absorción atmosférica?

Es la disminución de la intensidad luminosa procedente de un cuerpo celeste provocada por los gases de la atmósfera.

¿Qué tipos de radiaciones absorbe la atmósfera y, por lo tanto, dificulta su medición?

Todo tipo de radiaciones electromagnéticas: ondas de radio, infrarrojos, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

¿Qué puede hacerse para evitar esta absorción atmosférica?

Construir telescopios en montañas altas sobre las nubes, llevar telescopios en aviones, globos o cohetes o ponerlos en órbita alrededor de la Tierra y por encima de la atmósfera.

¿Qué es la absorción interestelar?

Es la disminución de la intensidad luminosa procedente de un cuerpo celeste provocada por los gases y el polvo del espacio.

¿Qué es el seeing?

Es la calidad de la imagen de un cuerpo celeste. Depende de las condiciones atmosféricas.

¿Qué es el paralaje?

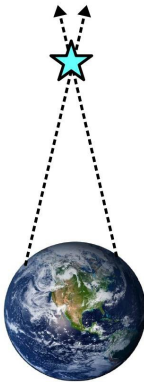
La diferencia de ángulos que existe entre las líneas de observación de un cuerpo celeste desde dos puntos de la Tierra.

¿Qué es el error de paralaje?

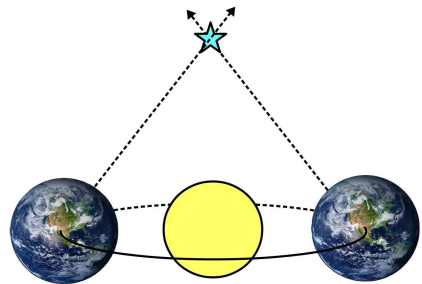
Es el error que se comete en una fotografía o en una medición de distancias debido al movimiento de la Tierra y a que se ha fotografiado o medido en dos instantes distintos o con tiempos de exposición prolongados.

¿Qué cambia gracias al paralaje?

Debido al paralaje, el fondo de un cuerpo celeste es ligeramente distinto si se observa en distintos momentos desde el mismo sitio o bien en el mismo momento desde dos lugares distintos de la Tierra.



Paralaje en el mismo instante



Paralaje en distintos instantes

¿Cuál es la diferencia observacional entre un planeta y una estrella?  
Una estrella emite luz propia, luz creada dentro de ella. Un planeta refleja la luz que le llega desde una estrella. La luz del planeta es constante. La luz de la estrella es variable, su luminosidad va cambiando. Muchas estrellas titilan, es decir, parpadean. Ningún planeta parpadea.

¿Qué es una ventana galáctica?

Es una zona de una galaxia que permite ver cuerpos celestes que están más allá. Permite verlos por la poca presencia o ausencia en esa zona de objetos celestes y por su poco brillo.

¿Cómo deben observarse Mercurio y Venus?

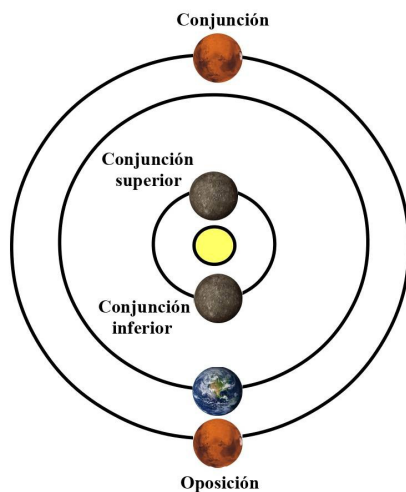
Al amanecer o al oscurecer, pues debido a su proximidad al Sol, el Sol nos ciega e impide su observación. Además, hay que utilizar un filtro solar.

¿Qué son la conjunción y la oposición?

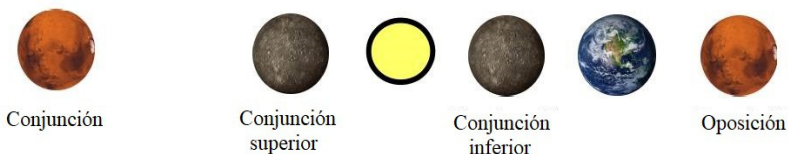
Dos posiciones relativas que puede adoptar un planeta con respecto a la Tierra y al Sol.

¿Qué tipos de conjunción puede presentar un planeta interno?

La conjunción inferior y la conjunción superior.



Conjunción y oposición. Vista cenital



### Conjunción y oposición. Vista lateral

¿En qué consiste la conjunción inferior?

En que el planeta interno está lo más cerca posible de la Tierra.

¿En qué consiste la conjunción superior?

En que el planeta interno está lo más alejado posible de la Tierra.

¿Cuándo se dice que un planeta externo está en conjunción con respecto a la Tierra?

Cuando la Tierra y el planeta están lo más alejados posible y en lados distintos del Sol.

¿Cuándo se dice que un planeta externo está en oposición con respecto a la Tierra?

Cuando la Tierra y el planeta están lo más cerca posible en sus trayectorias y al mismo lado del Sol y el planeta es visible de noche.

¿Cuándo es imposible ver un planeta externo?

Cuando está en conjunción pues, estando el Sol en medio, nos impide verlo.

¿Cómo puede observarse un planeta cuya estrella ciega su observación?

Bloqueando la luz de la estrella. Se usa un coronógrafo para enmascarar el brillo central de la estrella.

¿Cuándo se puede ver un planeta en oposición?

Durante toda la noche.



¿Qué es una conjunción de dos cuerpos celestes?

Es la aproximación de dos o más astros del Sistema Solar en el cielo, vistos desde la Tierra.



Conjunción de dos cuerpos celestes

¿Cuáles son las principales técnicas de observación y estudio en Astronomía?

La observación directa, la fotografía astronómica, la espectroscopía, la fotometría, la radioastronomía, la Astronomía de rayos X, la Astronomía de rayos gamma.

¿Cómo se puede conocer la composición de un cuerpo celeste lejano?

Analizando la luz que nos llega de él mediante un espectroscopio.

¿Cómo se puede determinar la temperatura de una estrella?

Mediante el análisis espectral. El espectroscopio es un aparato que mide diversas magnitudes de la luz.

¿Cómo se puede determinar la composición de una estrella o de un planeta?

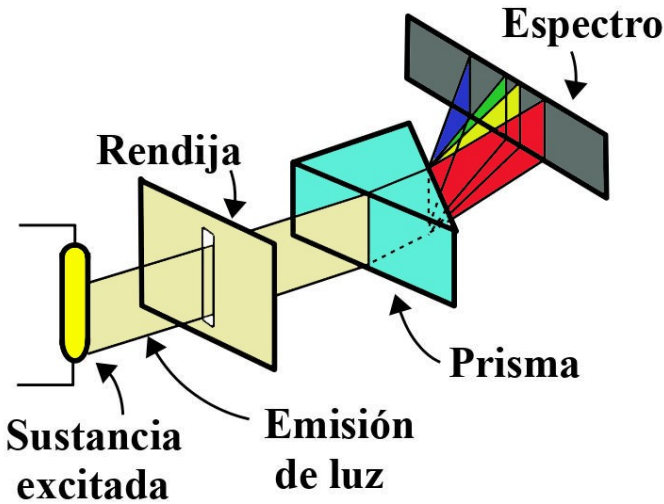
Mediante el análisis espectral. La luz que nos llega del espacio nos da información sobre la composición de los cuerpos celestes.

¿Qué es un espectro?

Es un gráfico que nos muestra todas las líneas o bandas correspondientes a una radiación que proviene de un cuerpo. El espectro se obtiene al descomponer mediante prismas la luz que nos llega de los cuerpos celestes.

¿Qué es un espectrómetro?

Es un aparato que mide los espectros de la luz que nos llega de los cuerpos celestes.



Espectro

¿Qué es la fotometría?

Es la medida de la luz. Gracias al fotómetro se puede determinar la intensidad de la luz que llega de un astro y conocer su albedo si es un planeta o su magnitud absoluta o relativa si es una estrella.

¿Qué es el telescopio de rayos gamma o telescopio Fermi?

Es un telescopio sensible a la radiación gamma que proviene de las estrellas. Como la radiación gamma no penetra la atmósfera, este telescopio es espacial, está por encima de la atmósfera.

¿Qué son los rayos gamma?

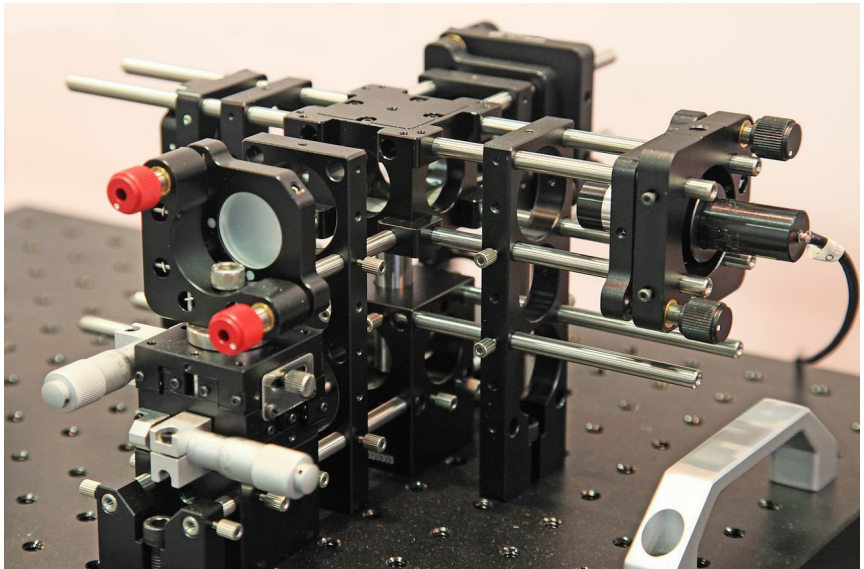
Es un tipo de emisión radiactiva, son las emisiones de mayor energía del espectro electromagnético. Proviene de fenómenos como explosiones estelares o colisiones entre cuerpos celestes.

¿Qué es la Astronomía de rayos X?

Es el estudio y medición de la emisión de rayos X provenientes de los cuerpos celestes. Los rayos X son absorbidos por la atmósfera, luego los aparatos correspondientes se sitúan en satélites artificiales.

¿Qué es un interferómetro?

Es un aparato que se utiliza en Astronomía para medir grandes distancias gracias a la interferometría.



Interferómetro

¿Qué es la interferometría?

Es una técnica consistente en combinar la luz de varios telescopios para obtener una imagen de mayor resolución gracias al principio de superposición.

¿Qué cuerpos celestes emiten rayos X?

Objetos celestes a elevadísima temperatura.

¿Qué es la Astronomía de infrarrojos?

Es el estudio y medición de la emisión de rayos infrarrojos provenientes de los cuerpos celestes. La radiación infrarroja también es absorbida por la atmósfera y los sensores tienen que estar por encima de ella.

¿Qué son las líneas de Fraunhofer?

Es un conjunto de líneas negras que aparecen en el espectro del Sol. Corresponden a elementos situados en la parte más externa del Sol.

¿Qué es el microscopio Blink o microscopio de parpadeo o estereocomparador?

Es un instrumento utilizado para medir la variación en el brillo de cuerpos celestes.

¿Qué es un bolómetro?

Es un instrumento que mide las radiaciones electromagnéticas de todas las longitudes de onda provenientes de un cuerpo celeste.

¿Qué es un celostato?

Es un sistema formado por un par de espejos que permite la observación del Sol independientemente de la hora del día o la época del año.

¿Qué es un pirómetro óptico?

Es un instrumento que mide la temperatura de un cuerpo a partir del espectro de radiación térmica que emite.

¿Qué es una torre solar?

Es una estructura destinada a la observación de la superficie solar con gran detalle. Tiene una longitud focal grande para tener una buena resolución.

¿Qué es un dispositivo de acoplamiento por carga (CCD)?

Charge-Coupled Device. Es una red de fotodiodos capaz de detectar y multiplicar pequeños rayos de luz. Un fotodiodo es un circuito eléctrico sensible a la luz.

¿Qué es un CMOS?

Es un sensor de imagen basado en el efecto fotoeléctrico.

¿Qué es el efecto Doppler?

Es la variación de la frecuencia y de la longitud de onda de la radiación emitida por un cuerpo en movimiento. Se da en cualquier tipo de onda, incluidas el sonido y la luz.

¿Qué es el desplazamiento o corrimiento hacia el rojo?

Es un aumento en la longitud de onda y disminución de la frecuencia de la radiación de un cuerpo celeste. La luz que nos llega del cuerpo celeste se ve más rojiza. Las líneas del espectro se acercan a la zona del rojo.

¿Qué indica un corrimiento hacia el rojo?

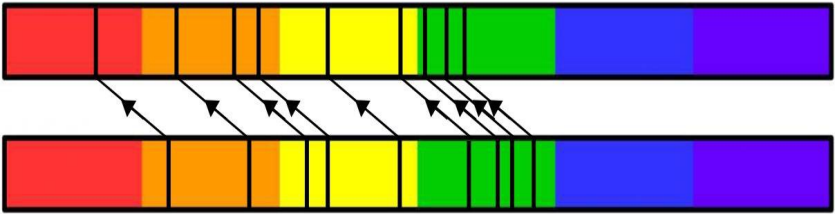
Que el cuerpo celeste se está alejando del observador. Es una consecuencia del efecto Doppler.

¿Qué es el desplazamiento o corrimiento hacia el azul?

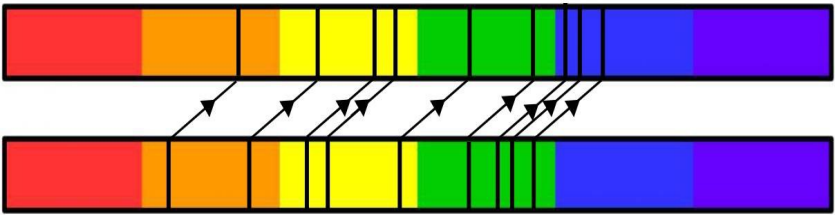
Es una disminución en la longitud de onda y aumento de la frecuencia de la radiación de un cuerpo celeste. La luz que nos llega del cuerpo celeste se ve más azulada. Las líneas del espectro se acercan a la zona del azul.

¿Qué indica un corrimiento hacia el azul?

Que el cuerpo celeste se está acercando al observador. Es una consecuencia del efecto Doppler.



Corrimiento hacia el rojo



Corrimiento hacia el azul

¿Para qué se utilizan el corrimiento al rojo y el corrimiento al azul en Astronomía?

Para medir la velocidad con la que los cuerpos celestes se acercan o se alejan de nosotros.

¿Qué es la radiación de sincrotrón?

Es un tipo de energía electromagnética no térmica producida por partículas cargadas (normalmente electrones) que giran alrededor de líneas de campos magnéticos.

¿Qué tipos de ondas emite la radiación de sincrotrón?

Rayos X y rayos gamma.

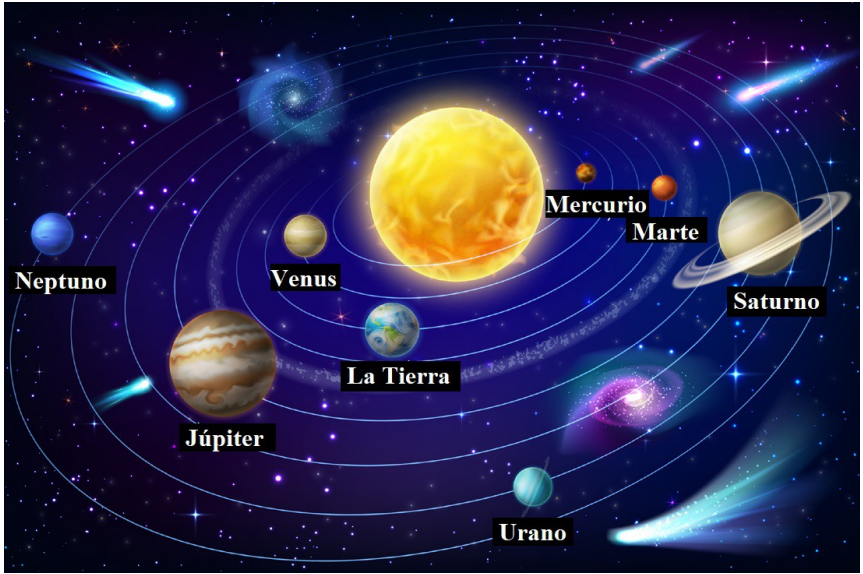
¿Qué tipo de radiación emite preferentemente cada cuerpo celeste?

<b>Cuerpo celeste</b>	<b>Radiación</b>
Materia cayendo en un agujero negro	Rayos gamma
Remanentes de supernovas y coronas estelares	Rayos X
Remanentes de supernovas y estrellas muy calientes	Ultravioleta
Estrellas y planetas calientes	Visible
Estrellas muy frías, planetas y nubes frías de polvo	Infrarrojo
Nubes frías de gas y electrones moviéndose en campos magnéticos	Ondas de radio

## El Sistema Solar y la Vía Láctea

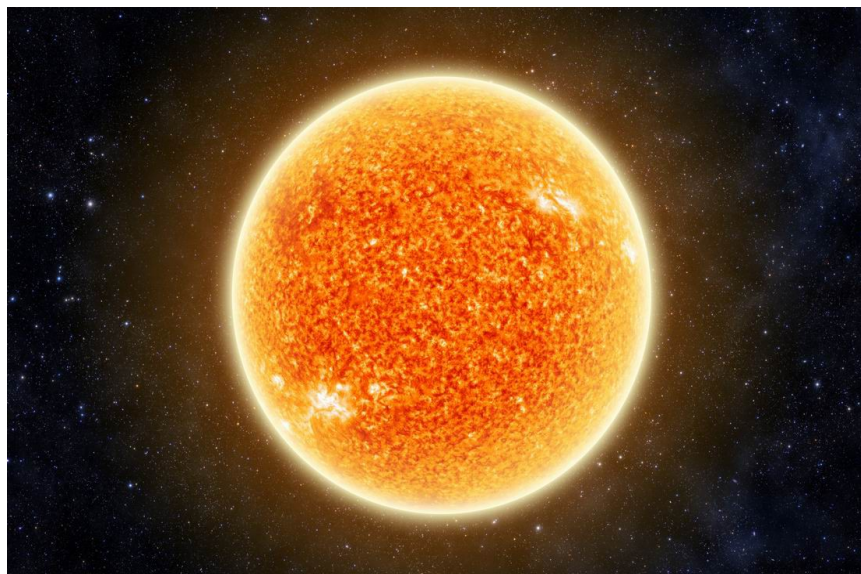
¿De qué se compone el Sistema Solar?

De una estrella (el Sol), de ocho planetas, de planetas enanos, de cometas, del cinturón de asteroides, del cinturón de Kuiper y de la nube de Oort.



El Sistema Solar





El Sol

¿Qué tipo de estrella es el Sol?

Es una estrella de tipo G.

¿Cuál es su edad?

Tiene unos 4600 millones de años.

¿Cuál es su composición?

Tiene un 71 % de hidrógeno, un 27 % de helio y un 2 % de otros elementos.

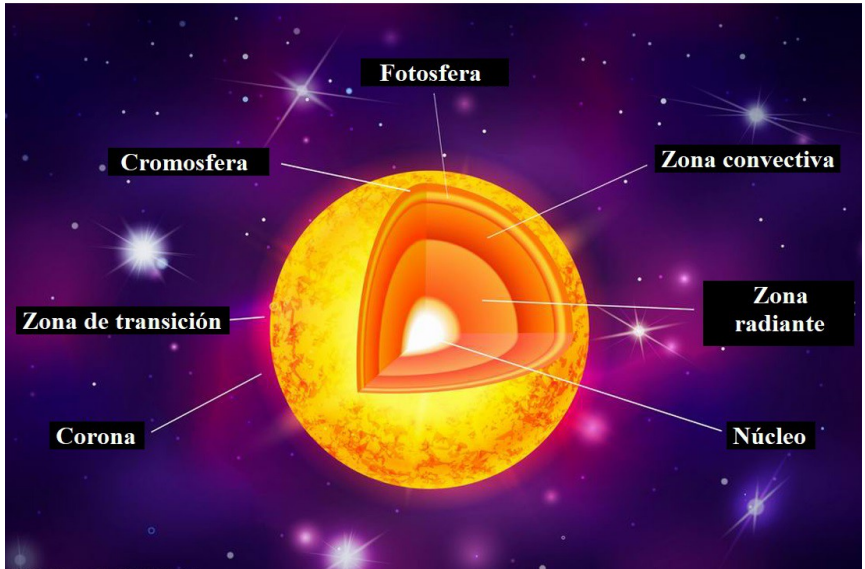
¿Cuál es su temperatura?

Su temperatura superficial es de unos 5500 °C y la temperatura interna puede alcanzar los 15 millones de grados.

¿Cuál es su tamaño con respecto a la Tierra?

Es unas 100 veces más grande que la Tierra.

¿Cuáles son las partes del Sol?



Estructura del Sol

¿Cuánto tarda en rotar sobre sí mismo?

Tarda entre 25 y 35 días en dar una rotación sobre sí mismo.

¿Por qué el Sol no tiene un tiempo definido de rotación?

Porque no es un sólido rígido, sino una enorme masa de plasma. El ecuador solar gira más rápido que las zonas polares.

¿En qué sentido gira el Sol?

En sentido antihorario, igual que la mayoría de los planetas y satélites.

¿Qué ocurre en el núcleo del Sol?

Las reacciones termonucleares transforman el hidrógeno en helio.

¿Qué ocurre en la zona radiactiva?

La energía producida en el núcleo transporta energía hacia afuera por radiación. Llega hasta el 70 % del radio solar.

¿Qué ocurre en la zona convectiva?

La energía se transporta gracias al movimiento de enormes burbujas de gas, de unos 30.000 kilómetros de diámetro.

¿Cuáles son las capas de la atmósfera solar?

La fotosfera, la cromosfera y la corona.

¿Cómo es la fotosfera?

Es la superficie externa y visible del Sol. Tiene 500 kilómetros de espesor y una temperatura entre 4000 y 7000 °C.

¿Cómo es la cromosfera?

Es menos brillante que la fotosfera y, por lo tanto, no es visible. Su espesor es de unos 2000 kilómetros y su temperatura llega hasta los 60.000 °C.

¿Cómo es la corona?

Es una zona de gases ionizados. Es observable durante los eclipses totales de Sol. Su temperatura está entre uno y dos millones de grados.

¿Qué son las manchas solares?

Son zonas más oscuras dentro de la fotosfera que se encuentran a menor temperatura que sus alrededores.

¿Qué es una fácula?

Es una mancha blanca en la superficie del Sol, cerca de las manchas solares.

¿Qué es un flóculo?

Es cada uno de los granos que constituyen la superficie solar.

¿Qué es el número de Wolf?

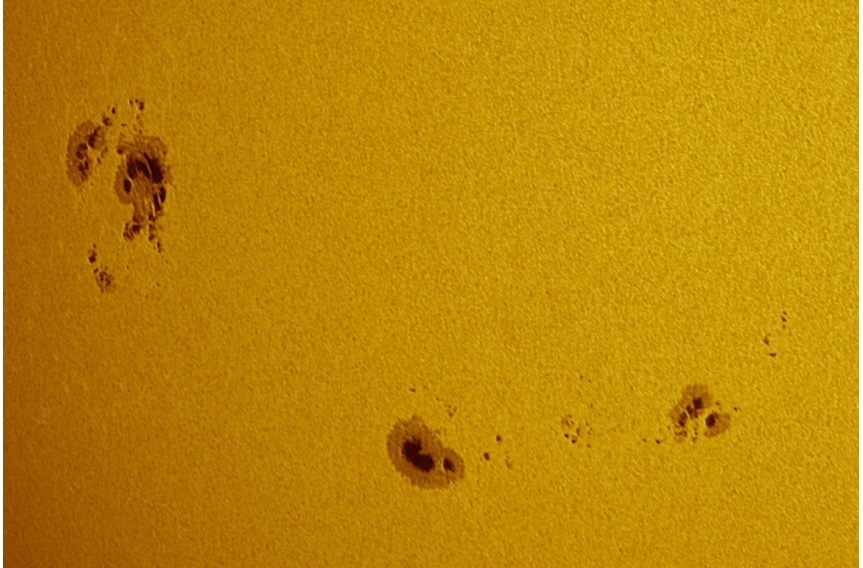
Es una magnitud que mide la actividad solar a partir del número de manchas solares.

¿Qué es un relumbrón?

Es un aumento repentino de la luminosidad de la cromosfera solar, cerca de las manchas solares.

¿Qué es el oscurecimiento en el borde?

Es la disminución de la luminosidad del borde solar con respecto al centro del disco solar. Está provocado por la mayor absorción de la luz del borde que la del centro debido a que los rayos atraviesan oblicuamente la atmósfera solar para llegar a nosotros.



Manchas solares

¿Qué es una protuberancia solar?

Es una enorme masa de plasma expulsada desde la superficie del Sol (fotosfera) y que alcanza la corona solar. Está constituido por un plasma más frío que el de la corona. Suele tener forma de bucle y una longitud de varios miles de kilómetros.

¿Qué es una fulguración solar?

Es una liberación repentina de mucha energía en la cromosfera solar.

¿Es lo mismo protuberancia solar que fulguración solar?

No. Son parecidas pero hay varias diferencias. La primera es la duración: la protuberancia suele durar varios meses y la fulguración suele durar horas. La segunda diferencia está en el lugar donde se producen: la protuberancia en la fotosfera y la fulguración en la cromosfera.

¿Qué son las espículas?

Son chorros de material de unos miles de kilómetros de longitud provenientes de la cromosfera solar y que vuelven a la superficie solar después de un rato.



Protuberancia solar

¿Por qué el Sol tiene campo magnético?

Porque tiene plasma en movimiento. El plasma es un estado de la materia constituido por partículas cargadas eléctricamente y a altas temperaturas.

¿Qué es el viento solar?

Es una corriente de partículas cargadas provenientes de la corona solar.

¿Qué es la magnetosfera?

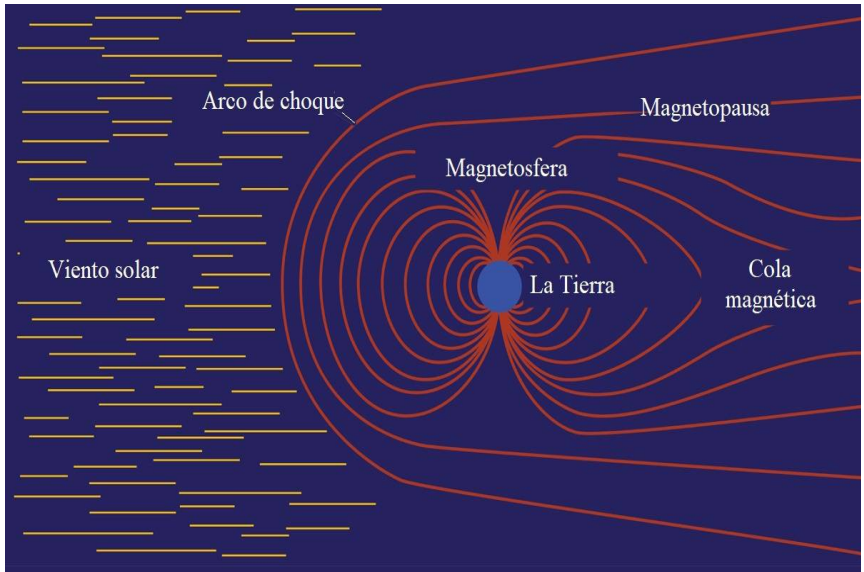
Es una capa que rodea a todos los planetas con campo magnético y que lo protege de las partículas de alta energía del viento solar.

¿Qué es la heliosfera?

Es la región de la Vía Láctea que está bajo la influencia del campo magnético del Sol, del viento solar.

¿Qué es la heliopausa?

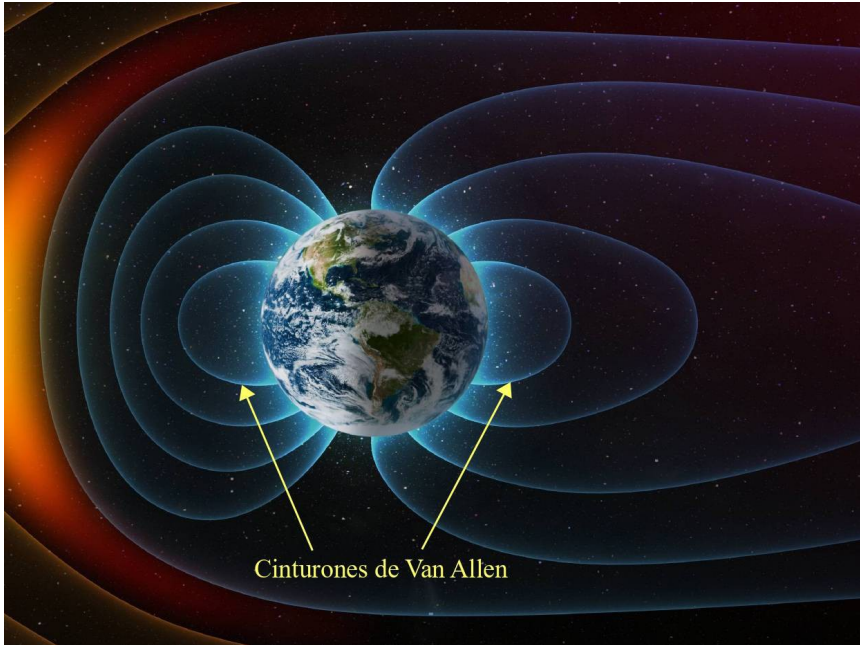
Es el límite exterior de la heliosfera.



Magnetosfera

¿Qué son los cinturones de Van Allen?

Son dos zonas de la magnetosfera terrestre donde se concentran partículas cargadas procedentes del viento solar.



Cinturones de Van Allen

¿Qué son las tormentas solares?

Son alteraciones del campo magnético terrestre causadas por una onda de choque del viento solar o por grandes eyecciones (expulsiones) de materia y energía desde la corona solar o desde la superficie solar.

¿Qué es una onda de choque?

Es una onda de presión que viaja más rápido que el sonido en ese medio.

¿Qué repercusiones pueden tener las tormentas solares?

Pueden afectar a las telecomunicaciones, a los observatorios espaciales y a las centrales eléctricas.

¿Qué es el ciclo solar?

Es un ciclo de once años en el que la actividad del Sol va variando de forma periódica. Las manchas solares pasan de cero a cien y vuelven a cero y así sucesivamente.

¿Qué ocurre cada 11 años en el Sol?

Se invierte la polaridad magnética y se repite el ciclo de las manchas solares.

¿Cuáles son los planetas del Sistema Solar?

Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

¿Qué características tiene un planeta?

Orbitar alrededor del Sol, formar una esfera y haber limpiado su órbita de cuerpos celestes.

¿Por qué ya no se considera a Plutón como un planeta?

Porque es un planeta enano. Plutón no ha limpiado su órbita de cuerpos celestes.

¿Cuál es el planeta más grande del Sistema Solar? ¿Y el más pequeño?

El más grande es Júpiter y el más pequeño es Mercurio.

¿Qué planetas tienen anillos?

Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

¿Cuáles son los planetas rocosos e interiores?

Mercurio, Venus, Tierra y Marte.

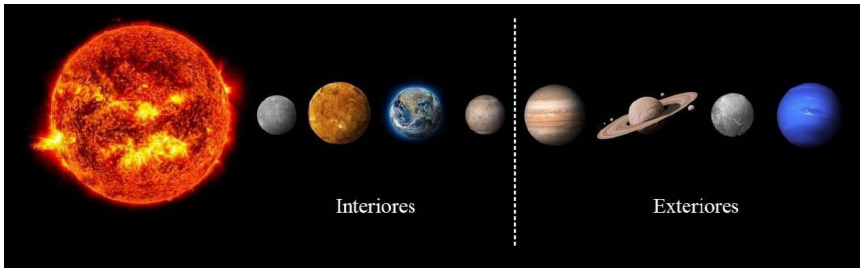
¿Cuáles son los planetas gaseosos y exteriores?

Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

¿Qué es un planeta joviano?

Es sinónimo de planeta gaseoso. En nuestro Sistema Solar, son planetas jovianos Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.





Planetas interiores y exteriores

¿Qué es un exoplaneta?

Es un planeta situado fuera del Sistema Solar.

¿Cuántos exoplanetas se conocen actualmente?

Entre 700 y 1000.

¿Cuántos exoplanetas habitables se conocen en la actualidad?

Sólo 12.

¿Qué son los planetas inferiores?

Son aquellos que orbitan entre la Tierra y el Sol, es decir, Mercurio y Venus.

¿Qué son los planetas superiores?

Son aquellos que orbitan más allá de la Tierra, es decir, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

¿Qué es la exosfera o ecosfera?

Es la zona alrededor de una estrella en la que es posible la vida, fundamentalmente por las condiciones de temperatura.

¿Orbitan todos los planetas en el mismo plano?

Sí. Sólo el planeta enano Plutón tiene una órbita inclinada con respecto a los planetas verdaderos.

¿Qué son los tránsitos de Mercurio y Venus?

Son cada uno de los pasos de alguno de estos dos planetas por delante del disco solar.

¿En qué sentido giran los planetas del Sistema Solar?

Todos giran en sentido contrario a las agujas del reloj excepto Venus y Urano.

¿Qué planetas presentan fases, igual que la Luna?

Mercurio y Venus porque el Sol los ilumina lateralmente y tienen aspecto creciente o menguante.

¿Qué planetas tienen campo magnético?

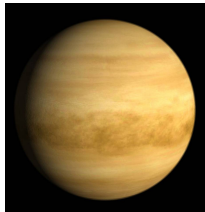
Mercurio, La Tierra, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

¿Qué particularidad tiene la rotación de Urano?

Que su eje de rotación está inclinado  $98^\circ$  con respecto a su plano orbital. Como el eje de rotación casi coincide con su plano orbital, da la sensación de que Urano va rodando como una bola.



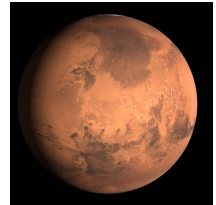
Mercurio



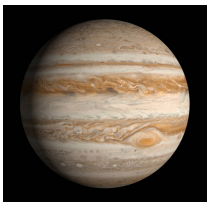
Venus



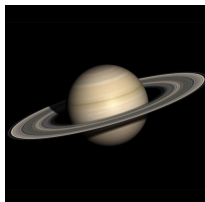
Tierra



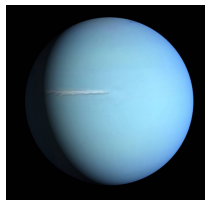
Marte



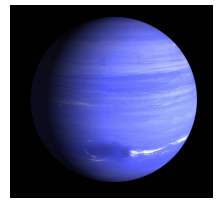
Júpiter



Saturno



Urano



Neptuno

Planetas del sistema solar

¿Cuáles son las características de Mercurio?

Es el planeta más cercano al Sol. El más pequeño de los planetas rocosos. Su órbita es muy excéntrica, es decir, es muy elíptica. No tiene satélites. La atmósfera es muy tenue. Debido a la ausencia de atmósfera, las temperaturas máxima y mínima están muy alejadas: 430 °C y – 185 °C. Su superficie está cubierta de cráteres.

¿Cuáles son las características de Venus?

Está envuelto continuamente en nubes espesas. Es el tercer objeto más luminoso después del Sol y la Luna. Su órbita es casi circular. El sentido de rotación es retrógrado, es decir, en el sentido de las agujas del reloj; por ello, el Sol en Venus sale por el oeste y se pone por el este. No tiene satélites. La atmósfera es muy densa. La presión atmosférica es de 90 atm, es decir, 90 veces el valor medio de la presión en la Tierra. La alta concentración de dióxido de carbono provoca un fuerte efecto invernadero, con una temperatura de 460 °C. Tiene nubes de azufre y de ácido sulfúrico. Llueve ácido sulfúrico.

¿Cuáles son las características de la Tierra?

Es el único planeta del Sistema Solar que alberga vida. Su órbita es casi circular. Su radio es ligeramente mayor en el ecuador. El 70 % de su superficie es agua. La mayoría de este agua proviene del choque de un tipo de asteroides: las condritas carbonáceas.

¿Cuáles son las características de Marte?

Su órbita es muy excéntrica. Su superficie es un frío desierto. Sufre violentas tormentas de polvo. Algunas nubes contienen hielo. Tiene un cañón de 4000 km de longitud, un cráter de 2000 km de diámetro y un volcán de 24 km de altura.

¿Cuáles son las características de Júpiter?

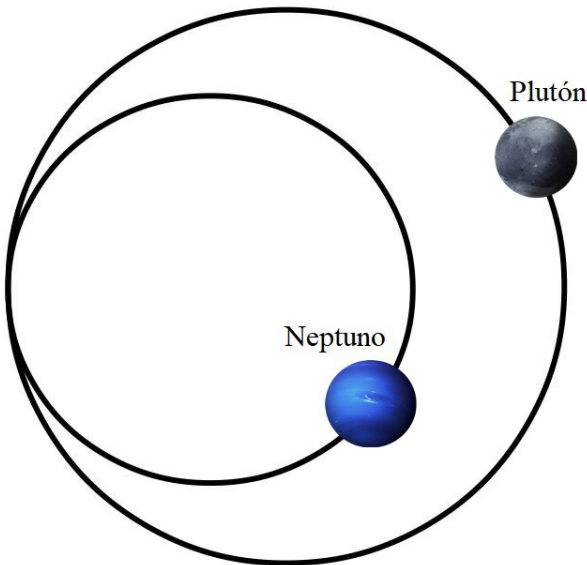
Es el planeta más grande del Sistema Solar. Gira sobre sí mismo tan rápidamente que las nubes forman un cinturón alrededor del planeta. Está formado por hidrógeno y helio. Presenta anillos. La gran mancha de Júpiter es una tormenta meteorológica que está siempre en la misma zona.

¿Cuáles son las características de Saturno?

Está rodeado de un sistema de anillos. Tiene unos anillos muy característicos. Sus anillos están formados por trozos de hielo y rocas. Tiene al menos 62 satélites; esta cantidad no está bien definida porque algunos satélites pueden esconderse entre los anillos.

¿Cuáles son las características de Urano?

Es de color verde azulado. Tiene nueve delgados anillos alrededor del ecuador formados por polvo. Como su órbita está muy inclinada, casi perpendicular al plano de la eclíptica, los anillos se ven casi verticales desde la Tierra y, además, uno de sus polos está siempre iluminado por el Sol. Está formado principalmente por metano. Su rotación es retrógrada, es decir, el planeta gira en la misma dirección que las agujas del reloj.



Órbitas de Neptuno y Plutón

¿Cuáles son las características de Neptuno?

Fue descubierto porque su gravedad alteraba la trayectoria de Urano. Fue el primer cuerpo celeste detectado matemáticamente por las perturbaciones que provocaba. Su trayectoria coincide parcialmente con la de Plutón. Tiene anillos. Es el planeta con los vientos más fuertes del Sistema Solar, que llegan a alcanzar hasta los 2000 km/h.

¿Por qué Plutón ya no se considera un planeta?

Porque no cumple la condición de haber limpiado su órbita de otros cuerpos celestes.

¿Cómo fue descubierto Plutón?

Fue descubierto por alterar las órbitas de Urano y Neptuno.

¿Cómo son los núcleos de los planetas del Sistema Solar?

a) Mercurio: hierro fundido.

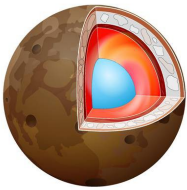
b) Venus: hierro y níquel fundidos.

c) La Tierra: de hierro y níquel. El núcleo interior es sólido y el exterior es líquido.

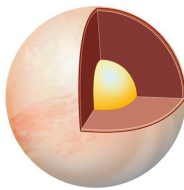
d) Marte: núcleo interno de hierro sólido. Núcleo externo de sulfuro de hierro líquido.

e) Júpiter, Saturno y Neptuno: núcleo sólido de hierro, níquel y rocas.

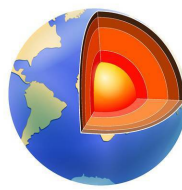
f) Urano: rocoso.



Mercurio



Venus



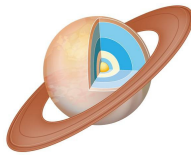
Tierra



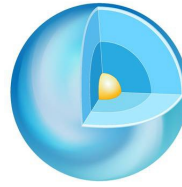
Marte



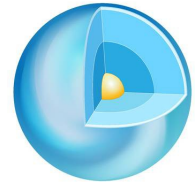
Júpiter



Saturno



Urano



Neptuno

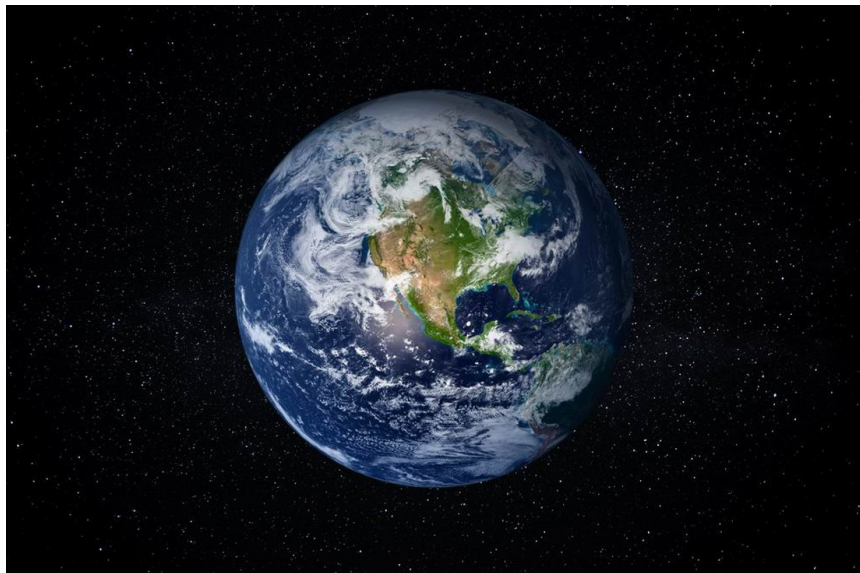
Núcleos de los planetas del Sistema Solar



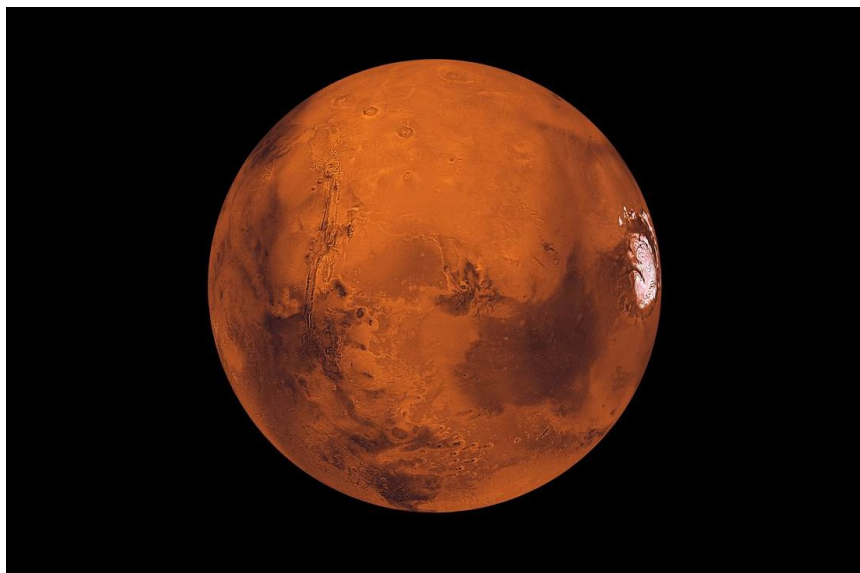
Mercurio



Venus

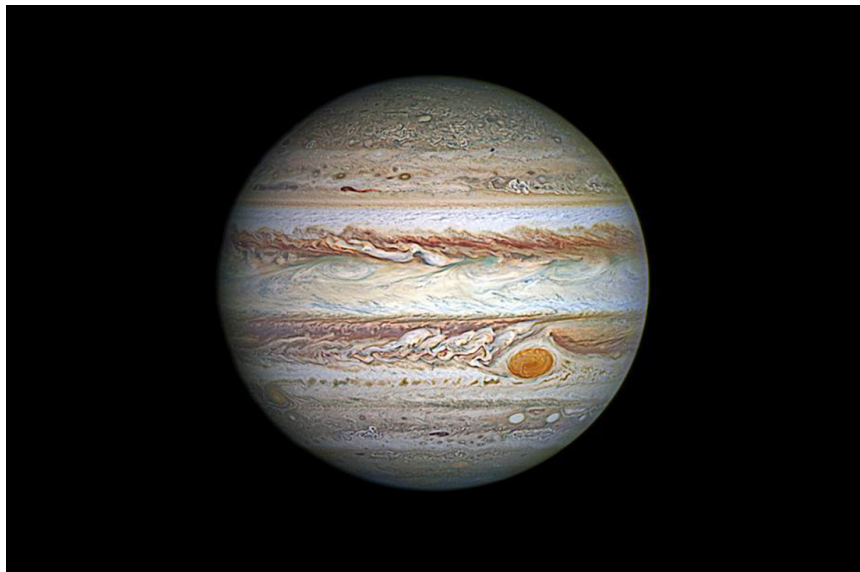


La Tierra

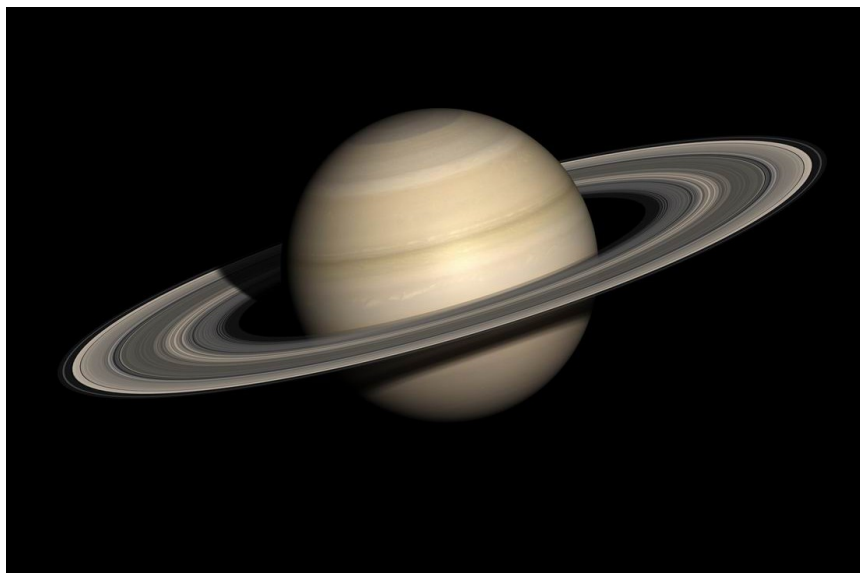


Marte





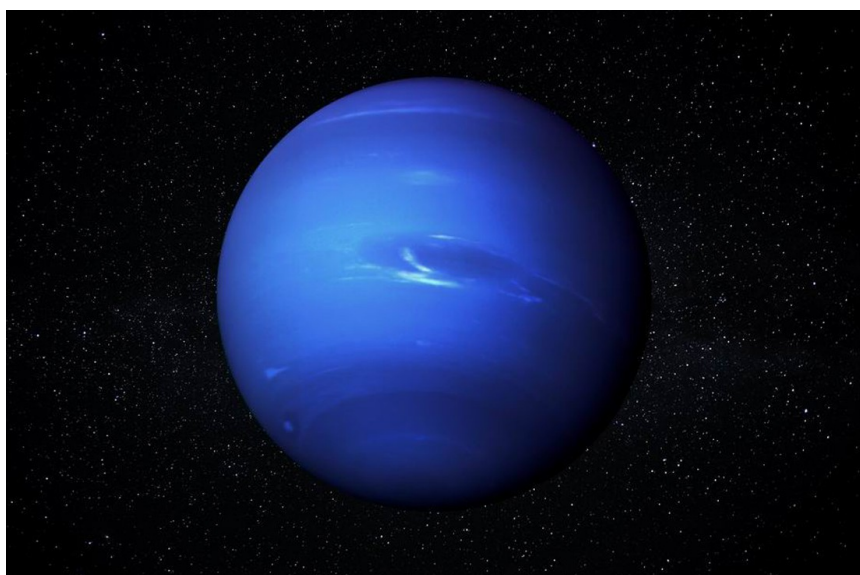
Júpiter



Saturno



Urano



Neptuno



Plutón

¿Qué particularidades tiene la órbita de Plutón?

- a) Que intersecta con la de Neptuno.
- b) Que es la única que está inclinada con respecto a los planos orbitales de los demás planetas.

¿Qué es el período de rotación de un planeta?

Es el tiempo que tarda en dar una vuelta sobre sí mismo.

¿Qué es el período de traslación de un planeta?

Es el tiempo que tarda un planeta en dar una vuelta completa alrededor del Sol.

¿Cuáles son los períodos de rotación y traslación de los planetas?

Planeta	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno
Rotación	59 d	243 d	1 d	24 h	9 h	10 h	17 h	16 h
Traslación	88 d	224 d	365 d	687 d	12 a	30 a	84 a	165 a

¿Cuál es la inclinación de los ejes de rotación de cada uno de los planetas con respecto a su plano orbital?

Planeta	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno
Inclinación	0'1°	177°	23°	25°	3°	27°	98°	30°

¿Por qué Mercurio, Venus y Júpiter no tienen estaciones?  
Porque la inclinación de su eje de rotación es muy pequeña.

¿Por qué se dice que Urano tiene los cambios de estación muy extremos?  
Porque son 42 años de invierno y de noche y 42 años de verano y de día.

¿A qué se debe esto?  
A que su eje de rotación es casi horizontal.

¿Qué es el cinturón de asteroides?  
Es un conjunto de asteroides que dan vueltas alrededor del Sol y que está situado entre las órbitas de Marte y Júpiter.



Cinturón de asteroides

¿Qué son las lagunas de Kirkwood?

Son zonas vacías del cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter.

¿Qué son los troyanos?

Son dos grupos de asteroides que se encuentran a una distancia media del Sol igual a la de Júpiter.

¿Los planetas gaseosos están constituidos exclusivamente de gas?

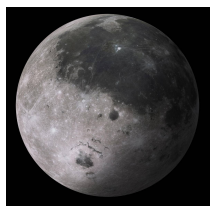
No. El exterior es gaseoso y el núcleo es sólido.

¿Cuántos satélites tiene cada planeta?

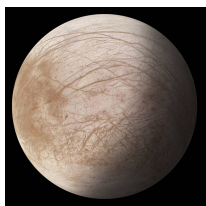
La Tierra tiene 1, Marte tiene 2, Júpiter tiene más de 60, Saturno tiene 33, Urano tiene 27, Neptuno tiene 13 y Plutón tiene 1.

¿Cuáles son los satélites más conocidos?

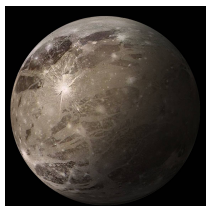
- a) De la Tierra: la Luna.
- b) De Marte: Fobos.
- c) De Júpiter: Io, Europa, Ganímedes y Calisto.
- d) De Saturno: Titán e Hiperión.
- e) De Neptuno: Galatea y Tritón.
- f) De Plutón: Caronte.



La Luna



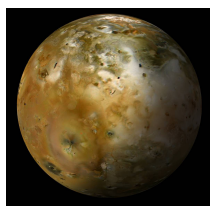
Europa



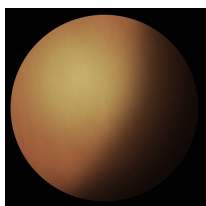
Ganímedes



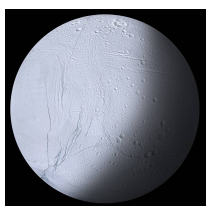
Calixto



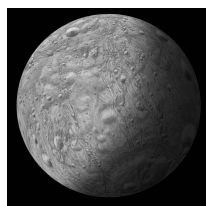
Io



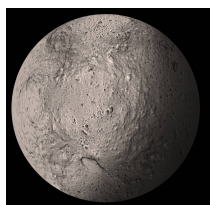
Titán



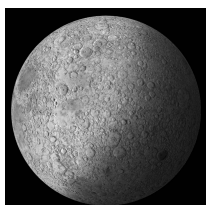
Tritón



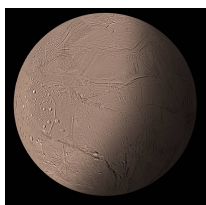
Lapetus



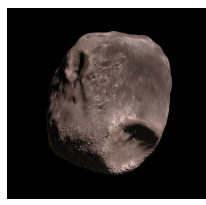
Titania



Rhea



Oberón



Fobos

¿Por qué algunos planetas forman anillos?

Porque un satélite puede llegar a ser destruido y convertido en polvo si el satélite está a una distancia adecuada y orbita a velocidad suficiente.

¿Cuál es la composición de la atmósfera en los distintos planetas?

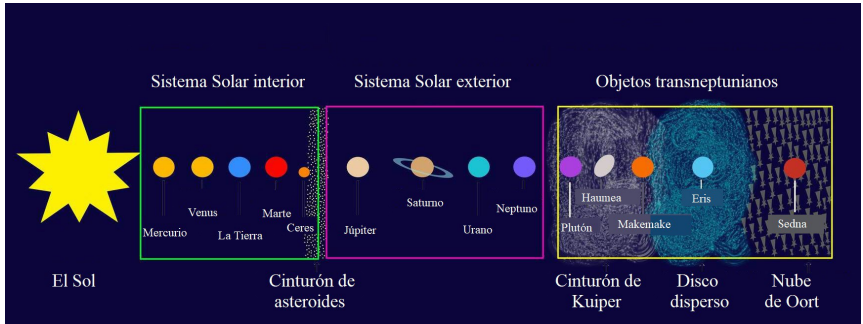
- a) Mercurio: no tiene.
- b) Venus: dióxido de carbono y nitrógeno.
- c) La Tierra: nitrógeno, oxígeno y argón.
- d) Marte: dióxido de carbono, nitrógeno y argón.
- e) Júpiter: hidrógeno y helio.
- f) Saturno: hidrógeno y helio.
- g) Urano: hidrógeno, helio y metano.
- h) Neptuno: hidrógeno, helio y metano.
- i) Plutón: metano.

¿Qué son los objetos transneptunianos?

Son cuerpos celestes situados más allá de la órbita de Neptuno. Están hechos de hielo y roca y hay más de mil.

¿En qué dos zonas se sitúan los objetos transneptunianos?

En el cinturón de Kuiper y en la nube de Oort.



Zonas del sistema solar

¿Qué es el cinturón de Kuiper?

Es una región del Sistema Solar más allá de Neptuno. La mayoría de los cometas provienen de allí.

¿Qué es el disco disperso?

Es una región del Sistema Solar situada entre el cinturón de Kuiper y la nube de Oort y que contiene objetos transneptunianos, asteroides la mayoría.

¿Qué es la nube de Oort?

Es la zona del Sistema Solar cercana a sus límites. Está formada por una zona esférica y por una zona en forma de disco.

¿A qué distancia está el cinturón de Kuiper?

A 50 UA del Sol o bien 7 horas luz.

¿A qué distancia está la nube de Oort?

Entre 2000 y 50.000 UA.

¿Cómo se observa la Vía Láctea en el cielo y por qué?

Como una banda difusa de estrellas que atraviesa el cielo de lado a lado. Se ve así porque estamos viendo la Vía Láctea estando dentro de ella.



Vista de la Vía Láctea

¿Tiene siempre la misma localización la Vía Láctea en el cielo?

No, va cambiando su ubicación a lo largo del año, dependiendo de nuestra ubicación. Unas épocas del año puede estar sobre nuestras cabezas y otras puede estar en el horizonte.

¿En qué parte de nuestra galaxia estamos nosotros?

En el brazo de Orión.

¿Cuánto tarda nuestro Sol en dar una vuelta alrededor del centro de la Vía Láctea?

Unos 250 millones de años.

¿Dónde se sitúan las estrellas en nuestra galaxia según su edad?

En el núcleo de la galaxia hay estrellas viejas y en el disco periférico hay estrellas jóvenes.



¿Cómo se puede datar la edad del Sistema Solar?

Aplicando la técnica de datación del carbono-14 a los meteoritos más antiguos caídos sobre la Tierra. Esos meteoritos se formaron en la gran nube de gas y polvo inicial que dio lugar al Sistema Solar.

¿Qué hay alrededor de nuestra galaxia?

Unas 50 galaxias satélites que orbitan alrededor de nuestra galaxia y que están siendo tragadas lentamente por ella.

¿Cuáles son las principales galaxias satélite de la Vía Láctea?

Son las dos Nubes de Magallanes: la Nube Mayor y la Nube Menor.



Gran Nube de Magallanes



Pequeña Nube de Magallanes

¿Qué es el plano de una galaxia?

Es el plano en el que se encuentran ubicadas la mayoría de las estrellas de la galaxia.

¿Está inclinado el plano de la Vía Láctea y la eclíptica?

Sí, están inclinados unos  $60^\circ$  entre sí.

## Los cuerpos celestes

¿Qué es el espacio exterior?

Es la región predominante del Universo y que está fuera de las atmósferas de los planetas.

¿De qué está constituido?

Se pensaba que era espacio vacío, pero está constituido por gas y polvo en pequeñas concentraciones, así como radiación electromagnética, partículas elementales, materia oscura y energía oscura. El gas predominante es hidrógeno.

¿Por qué está formada la materia interestelar?

La mayor parte es espacio vacío pero la parte que tiene materia tiene un 1 % de polvo en forma de granos de un micrómetro y por un 99 % de hidrógeno. La concentración del hidrógeno es de 1 a 1000 átomos de hidrógeno por centímetro cúbico.

¿Dónde se forman los granos de polvo?

En las envolturas de las estrellas frías. Son transportadas al medio interestelar por la presión de radiación de la estrella.

¿Qué otros nombres recibe el espacio exterior?

También se le llama medio interestelar, espacio interestelar o espacio interplanetario.

¿Qué son las regiones H?

Son regiones interestelares en las que se encuentra hidrógeno en pequeñas concentraciones.

¿Qué tipos de regiones H existen?

Las regiones H1 y H2.

¿Cuáles son las características de las regiones H1?

El hidrógeno está a temperatura muy baja, de unos 100 K y no está ionizado. Esta región no emite luz visible pero sí en la zona de ondas de radio y puede ser detectada por radiotelescopios.

¿Cuáles son las características de las regiones H2?

El hidrógeno está a temperatura muy alta, de unos 8.000 K y está ionizado. Esta región emite en la zona del ultravioleta. Son zonas muy calientes y de formación de estrellas.

¿Qué son moléculas interestelares?

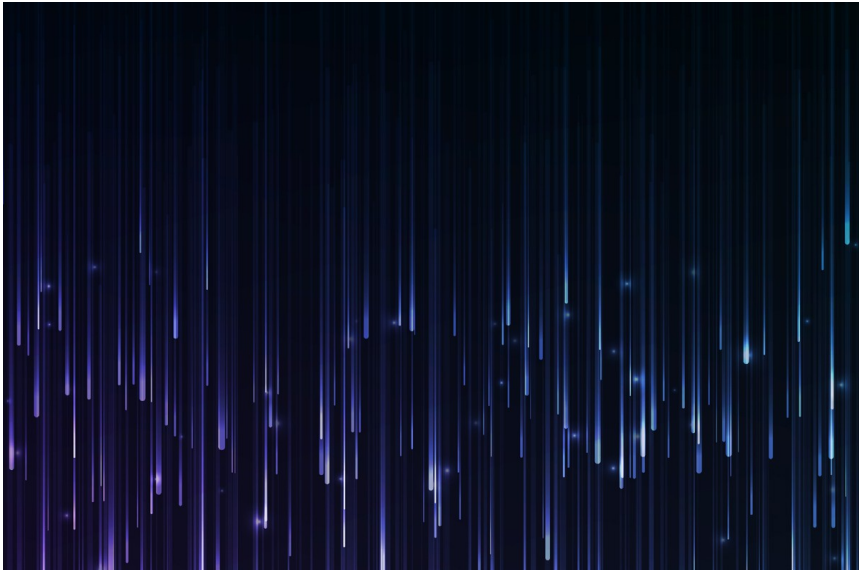
Son moléculas que se encuentran en las nubes de gas y polvo del espacio interestelar.

¿Qué es el polvo cósmico?

Es el polvo que se encuentra en el espacio y que es de tamaño minúsculo, inferior al de los meteoroides. Es fundamental en la formación de nebulosas, estrellas y planetas.

¿Qué son los rayos cósmicos?

También se le llama radiación cósmica. Son partículas elementales provenientes del espacio exterior, que tienen una elevada energía y que colisionan con nuestra atmósfera.. Su origen no está claro aún: en parte vienen del Sol, en parte vienen de la explosión de supernovas y en gran parte vienen de un agujero negro en la constelación de Centauro.



Rayos cósmicos

¿De qué son responsables los rayos cósmicos?

Son las responsables de la existencia de la ionosfera, capa de la atmósfera donde abundan los gases ionizados.

¿Cuál es la clasificación de los cuerpos celestes según el tamaño?

Polvo cósmico, meteoroides, cometa, planeta, estrella, galaxia, cúmulo y supercúmulo.

¿Qué es un planeta?

Es un cuerpo celeste que orbita alrededor de una estrella, de forma casi esférica y que ha limpiado su órbita de otros cuerpos celestes.

¿Cuáles son las características de un planeta enano?

- a) Orbita alrededor del Sol.
- b) Tiene forma casi esférica.
- c) No es satélite de otro cuerpo celeste.
- d) No ha limpiado la vecindad de su órbita.

¿Qué significa no limpiar la vecindad de su órbita?

Que no ha retirado de su trayectoria alrededor del Sol otros cuerpos celestes porque su fuerza gravitacional no es lo bastante intensa.

¿Cuáles son los cinco planetas enanos del Sistema Solar?

Plutón, Ceres, Eris, Makemake y Haumea.

¿Qué es un exoplaneta?

Es un planeta fuera del Sistema Solar.

¿Qué es un Júpiter caliente?

Es un tipo de exoplanetas con una masa similar a la de Júpiter pero unas ocho veces más cerca a su estrella que Mercurio del Sol, lo cual provoca temperaturas superficiales muy altas en la superficie del planeta.

¿Por qué las estrellas pequeñas tipo M son las mejores candidatas para buscar exoplanetas?

- a) Porque es más probable encontrar planetas pequeños, del tamaño de la Tierra.
- b) Porque tienen una zona habitable más compacta.
- c) Porque tienen una masa menor que la solar, del 10 %.
- d) Porque tienen vidas más largas.
- e) Porque son las más abundantes en nuestra galaxia.

¿Qué tipos de técnicas existen para localizar exoplanetas?

Las técnicas directas y las técnicas indirectas.

¿En qué consisten las técnicas directas?

En la observación de imágenes.

¿En qué consisten las técnicas indirectas de detección de planetas?

En medir la velocidad radial de su estrella, en la astrometría de la estrella, en observar la regularidad de las pulsaciones de un púlsar, en la fotometría de tránsito y en las microlentes gravitacionales.

¿En qué consiste el método de la velocidad radial?

En que un planeta que orbite a una estrella puede alterar la órbita de la estrella y, por consiguiente, su velocidad radial.

¿Cómo se mide el cambio en la velocidad radial de una estrella?

Por el corrimiento hacia el rojo o hacia el azul de las líneas del espectro.

¿En qué consiste el método de la astrometría?

En hacer mediciones de distancias. La presencia del planeta altera la posición de la estrella, aunque sea ligeramente.

¿En qué consiste el método de la regularidad de las pulsaciones de un púlsar?

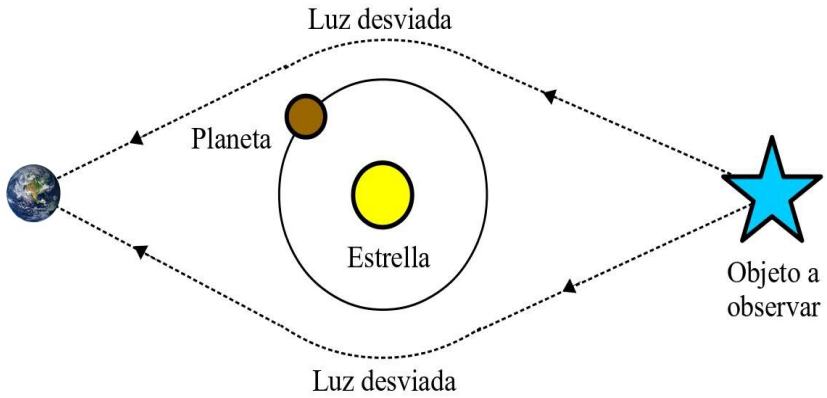
En que se puede detectar la presencia de un planeta que orbita a un púlsar midiendo las variaciones del período de emisión de radiaciones del púlsar. Estas variaciones están provocadas por la presencia del planeta.

¿En qué consiste el método de la fotometría de tránsito?

En medir los sutiles cambios en la intensidad de la luz que ocurren cuando el planeta pasa por delante de la estrella.

¿En qué consiste el método de microlente gravitacional?

En la alteración de la trayectoria de la luz que llega de una estrella distante ocasionada por los campos gravitatorios del planeta y de la estrella que orbita.



Microlente gravitacional provocada por un planeta y su estrella

¿Qué es un satélite?

Es un cuerpo celeste que orbita alrededor de un planeta.

¿Qué es un asteroide?

Es un cuerpo celeste menor que un planeta y que no supera los 50 metros de tamaño.



## Asteroides

¿Qué es un meteoroides?

Son partículas y cuerpos de hasta diez metros que orbitan alrededor del Sol.

¿Qué tipos de meteoroides existen?

El meteoro y el meteorito.

¿Qué es un sistema planetario?

Es el conjunto formado por una estrella y los planetas y cuerpos menores que giran a su alrededor. El más conocido es el Sistema Solar.

¿Qué es una estrella?

Es un cuerpo celeste que emite luz propia.

¿Dónde se forman las estrellas?

En las nebulosas, por atracción gravitatoria del gas y el polvo interestelares.



¿Cuáles son las características de una estrella?

Su color, su magnitud aparente, su tamaño, su temperatura superficial y su metalicidad.

¿Qué es la magnitud aparente de una estrella?

Es la luminosidad de una estrella para un observador terrestre, es decir, es una característica que indica su brillo.

¿Cómo es la escala de luminosidad?

Las estrellas más brillantes son las de primera magnitud, son las visibles justo después de la puesta de Sol. Después están las de segunda, tercera y hasta sexta magnitud, que son las más débiles. También pueden ir de esta forma: a menor valor, más luminosidad y a mayor valor, más luminosidad. La escala de luminosidad va desde  $-26.7$  para nuestro Sol hasta más de 30 para cuerpos celestes muy débiles.

¿De qué depende la magnitud aparente?

De la luminosidad del objeto y de su distancia a la Tierra.

¿De qué depende el brillo de una estrella?

De su tamaño y de la distancia a la que está.

¿De qué depende el color de una estrella?

De su temperatura superficial.

¿Cómo se clasifican las estrellas?

Según su temperatura superficial y según su luminosidad.

¿Cómo se clasifican las estrellas según su temperatura superficial?

En los llamados tipos espectrales: O, B, A, F, G, K, M y L. Su color indica su temperatura superficial. Las de tipo O son azules y tienen una temperatura superficial mayor que las de tipo L, que son rojas. Estas categorías se dividen en subcategorías: de la más caliente (0) a la más fría (9). Ejemplo: un tipo de estrella sería: B8.

<b>Tipo</b>	O	A y B	F y G	K	M y L
<b>Color</b>	Azul- blanco	Blanco	Amarillo	Naranja	Rojo
<b>Temperatura superficial</b>	25.000 °C	10.000 °C	6000 °C	4000 °C	3000 °C

¿De qué color es una estrella?

Dependiendo de su tipo espectral, será de un color u otro: la de tipo O es azul, la B es celeste, la A es blanca, la F es amarillo pálido, la G es amarillo intenso, la K es naranja y la M y la L son rojas.

¿Qué es el índice de color?

Es una medida del color de una estrella y de su temperatura superficial, por consiguiente.

¿Qué es la metalicidad de una estrella?

Es una magnitud que indica el contenido en metales pesados.

¿Qué relación hay entre la metalicidad y la edad de la estrella?

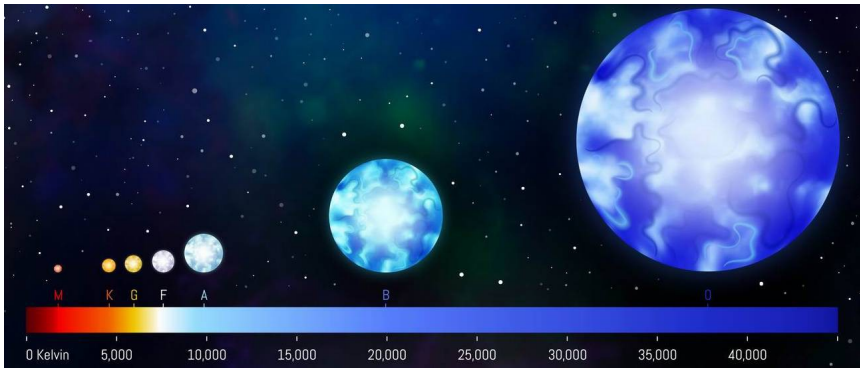
Las estrellas jóvenes tienen baja metalicidad y las estrellas viejas tienen alta metalicidad.

¿A qué se debe este hecho?

A que los metales pesados no están presentes desde el Big Bang, sino que se han ido obteniendo a lo largo de millones de años mediante fusiones nucleares.

¿Cuáles son los principales tipos de estrellas?

Enana roja, enana naranja, enana blanca, enana amarilla, estrella blanca, estrella azul, gigante roja, gigante naranja, gigante amarilla, gigante blanca, gigante azul, supergigante roja, supergigante naranja, supergigante blanca, supergigante amarilla, supergigante azul, subenana, enana marrón, estrella de neutrones, púlsar y magnetar.



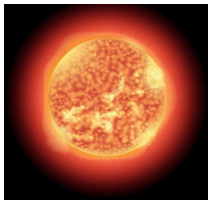
### Clases espectrales de estrellas

¿Cómo se clasifican las estrellas de mayor a menor luminosidad?  
 Supergigantes, gigantes brillantes, gigantes, subgigantes, estrellas de secuencia principal, subenanas y enanas blancas.

¿Qué son las estrellas gigantes y luminosas?  
 Aquellas que dejaron la secuencia principal porque agotaron sus reservas de hidrógeno y están quemando helio.

¿Cómo evolucionan estas estrellas?  
 Se hinchan y su temperatura desciende.

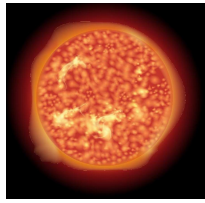
¿Qué tipos de estrellas gigantes hay?  
 Hay gigantes rojas, amarillas, naranjas, blancas y azules.



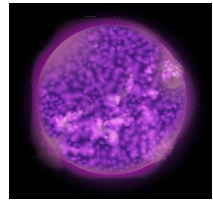
Enana amarilla



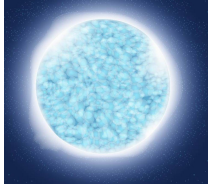
Enana blanca



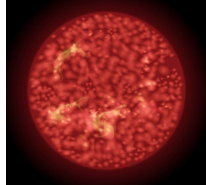
Enana roja



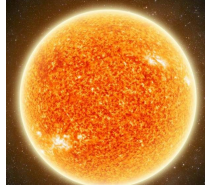
Enana marrón



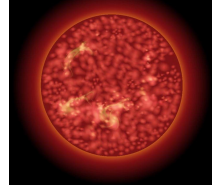
Gigante azul



Gigante roja



Gigante amarilla



Supergigante roja

### Algunos tipos de estrellas

#### ¿Qué es una gigante roja?

Es una estrella muy grande y fría (de temperatura relativamente baja), de masa inferior a ocho masas de nuestro Sol y que ha consumido el hidrógeno de su núcleo.

#### ¿Qué ocurre en una gigante roja?

Al cabo del tiempo, se agota el hidrógeno en el centro de la estrella y se forma un núcleo de helio. La estrella colapsa, se eleva la temperatura de su núcleo y se fusiona el helio. Esto hace que el hidrógeno de las capas externas se fusione más rápido, se expanda y se enfríe. El núcleo de helio se convierte en carbono y oxígeno. La superficie externa de la estrella se expande y la estrella se enfría, adquiriendo un color rojizo.

#### ¿Qué es una gigante azul?

Es una estrella más grande de lo habitual, en una fase avanzada de su evolución y caliente, de temperatura relativamente elevada. Es una fase de la evolución de estrellas de tipo O o B. No dura mucho tiempo, pues habiendo agotado su reserva de hidrógeno, se expande rápidamente y se convierte en supergigante.

¿Cuáles son las características de una gigante naranja?

Es el estado previo a la fase de gigante roja. Lo experimentan estrellas con una masa entre 0'8 y 10 veces la masa del Sol. La estrella fusiona helio en oxígeno y carbono.

¿Qué es una gigante amarilla?

Es una fase de la evolución de estrellas que fueron más brillantes y calientes que el Sol.

¿Qué es una gigante blanca?

Es una fase de la evolución de una estrella más caliente que el Sol y que se convertirá en gigante roja o supergigante.

¿Qué es una estrella supergigante?

Son estrellas mucho más grandes que nuestro Sol, llegando a alcanzar hasta 1000 veces su tamaño. Son muy escasas. Pueden ser jóvenes o viejas.

¿Qué es una supergigante azul?

Es una estrella supergigante joven, muy activa y de corta vida. Después de una supernova, evoluciona a estrella de neutrones o a agujero negro.

¿Qué es una supergigante blanca?

Es una estrella supergigante muy evolucionada, poco frecuente, muy luminosa y con una temperatura superficial de unos 10.000 K.

¿Qué es una supergigante amarilla?

Es una fase intermedia entre supergigante azul y supergigante roja. La experimentan estrellas con masas entre 10 y 70 masas solares.

¿Qué es una supergigante naranja?

Es la fase casi final de la vida de una supergigante.

¿Qué es una supergigante roja?

Es una supergigante en la última etapa de su vida. Son las estrellas más grandes que existen. Su temperatura superficial está entre 3000 y 4000 K. A esta fase llegan las que fueron gigantes azules.

¿Qué es una estrella enana?

Es aquella que se encuentra en la fase principal de su vida, desde que nace hasta que agota el hidrógeno. El 90 % de las estrellas son enanas.

¿Qué es una enana blanca?

Es un cuerpo celeste que es la fase final de una nebulosa planetaria y también la fase final de una estrella de masa menor a ocho veces la masa de nuestro Sol. Es una estrella pequeña, muy densa y caliente y compuesta principalmente por carbono. Es lo que queda de una gigante roja después de perder sus capas externas. Son muy comunes en el Universo pero son difíciles de detectar, pues son pequeñas.

¿Qué ocurre en una enana blanca?

Si la estrella es pequeña, no puede provocar la fusión del carbono ni del oxígeno. Se va enfriando indefinidamente.

¿Qué es una enana naranja?

Es un tipo de estrellas de la secuencia principal, más pequeñas que el Sol, menos luminosa y menos masiva.

¿Qué es una enana marrón?

Es una estrella que no tiene suficiente masa para provocar la fusión del hidrógeno en su núcleo de forma continua. En su lugar, quema deuterio o incluso tritio.

¿Por qué las enanas marrones nunca evolucionan?

Porque tienen una pequeña fracción de la masa solar y no pueden mantener las reacciones nucleares.

¿Qué es una subenana?

Es una estrella de pequeño tamaño y de poca luminosidad. Suelen ser de tipo espectral O, B, G o M.

¿Qué son las estrellas múltiples?

Son aquellas que a simple vista aparecen como un solo punto pero que, observadas con el telescopio, aparecen varias muy próximas. Pueden ser estrellas dobles, triples o múltiples.

¿Qué tipos de estrellas dobles existen?

Las estrellas dobles ópticas y las estrellas dobles físicas o binarias.

¿Qué son las estrellas dobles ópticas?

Son aquellas que están muy alejadas entre sí pero que están muy próximas sus proyecciones sobre la esfera celeste.

¿Qué son las estrellas dobles físicas o binarias?

Son aquellas en las que las dos estrellas están relativamente cerca, se atraen gravitatoriamente y la una gira alrededor de la otra.

¿Qué son las asociaciones estelares?

Es un grupo de estrellas con una atracción gravitatoria mutua relativamente pequeña en comparación con la de los cúmulos globulares. Algunos autores las consideran también cúmulos globulares de atracción débil.



Albireo. Estrella doble

¿Qué es una estrella variable?

Es aquella cuyo brillo desde la Tierra cambia con el paso del tiempo. Ejemplo: la estrella doble Algol, en la constelación de Perseo.



Estrella gigante roja variable

¿Qué son las estrellas T-Tauri?

Es un tipo de estrellas variables similar a una que existe en la constelación de Tauro. Se caracterizan porque son estrellas variables, jóvenes, que aún no han entrado en la secuencia principal y de masa inferior a dos masas solares.

¿Qué tipos de estrellas variables existen?

Las variables intrínsecas y las variables extrínsecas. Es decir, por causas internas y por causas externas.

¿Qué tipos de variables intrínsecas existen?

Las pulsantes, las eruptivas y las cataclísmicas.



¿Qué son las variables pulsantes o estrellas pulsantes?

Aquellas estrellas en las que cambia el radio de la estrella. La estrella se contrae y se expande periódicamente. La luminosidad, la temperatura superficial y el espectro cambian gracias a la contracción y expansión de las capas externas.

¿Qué son las pulsaciones de las estrellas pulsantes?

Los cambios que experimentan la luminosidad, la temperatura superficial y el espectro.

¿Por qué ocurren estas pulsaciones?

Por la variación de la velocidad a la que la radiación puede escapar de la estrella.

¿Qué dos tipos de pulsaciones puede tener una estrella pulsante?

Radial y no radial.

¿Qué es la pulsación radial?

Es aquella que ocurre simétricamente en toda la superficie de la estrella, de manera tal que la estrella conserva su forma esférica.

¿En qué consiste la pulsación no radial?

En que se producen ondas en todas las direcciones de la superficie de la estrella, dando lugar a distintos períodos y modelos de oscilación.

¿Qué son las variables eruptivas?

Aquellas estrellas en las que hay cambios en la superficie de la estrella.

¿Qué son las variables cataclísmicas?

Aquellas estrellas en las que hay cambios enormes en sus propiedades físicas. Ejemplos: las novas y las supernovas.

¿Cuáles son las causas externas?

Que algún otro cuerpo celeste la eclipse periódicamente.

¿Qué son las estrellas eclipsantes?

Son las estrellas variables extrínsecas más frecuentes. Se trata de estrellas binarias en las que el plano de observación coincide con el plano de la órbita y una estrella eclipsa a la otra periódicamente. También se la llama binaria eclipsante.

¿Qué es una estrella fulgurante?

Es una estrella poco luminosa de la secuencia principal que experimenta un notable aumento de su luminosidad entre unos minutos y unas horas de duración. Es una estrella variable que cambia su luminosidad de forma imprevista, es decir, no periódica, unos cientos de veces para volver luego a su luminosidad habitual. También se la llama estrella flare.

¿Qué es una cefeida?

Es una estrella que cambia de luminosidad de forma regular. Este tipo de estrellas se utilizan como referencia para medir grandes distancias.

¿Qué es una estrella simbiótica?

Es una estrella doble formada por una gigante roja y una enana blanca. La interacción entre ambas produce grandes perturbaciones.

¿Qué son las estrellas Wolf-Rayet?

Son estrellas muy masivas, muy calientes y que pierden gran cantidad de masa debido a los vientos estelares.

¿Qué es una estrella joven?

Es aquella que tiene unos pocos millones de años o menos y que está en proceso de formación.



### Estrellas jóvenes en nebulosas

¿Qué es una estrella de carbono?

Es una estrella vieja similar a las gigantes rojas. Su atmósfera contiene más carbono que oxígeno.

¿Qué es una población estelar?

Es una clasificación de las estrellas según su velocidad, su localización, su edad y su composición química.

¿Qué tipos de poblaciones estelares existen?

Existen la población I y la población II, aunque también se especula con la existencia de una población III.

¿Qué características tienen las estrellas de la población I?

Sus edades y sus metalicidades son parecidas a la de nuestro Sol.

¿Qué características tienen las estrellas de la población II?

Son estrellas más antiguas que nuestro Sol y con menor metalicidad.

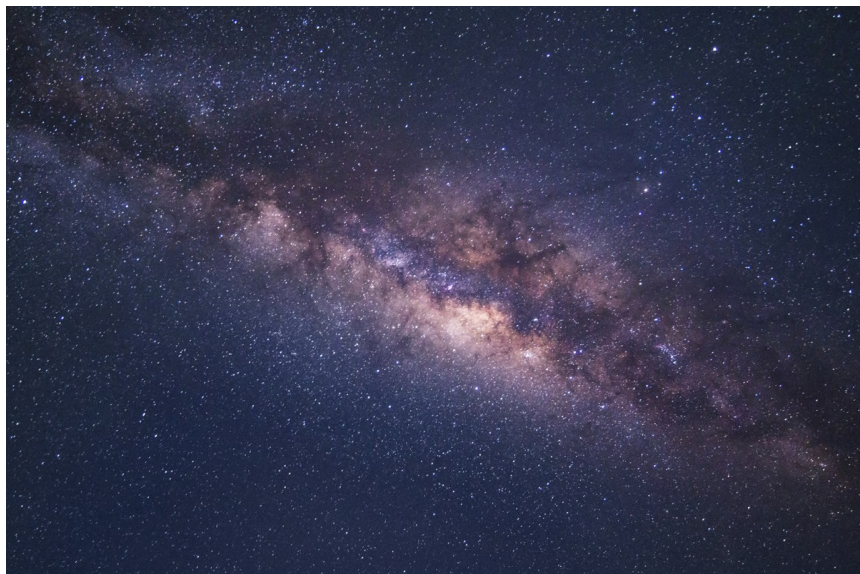
¿Qué características tendrían las estrellas de la población III?  
Serían las estrellas primogénitas de nuestra galaxia y del Universo, estrellas muy antiguas y de baja metalicidad.

¿Qué es la zona de habitabilidad estelar?  
Es una zona en forma de anillo concéntrico a una estrella a una distancia media de esa estrella y que, a priori, es apta para el agua líquida y para la vida.

¿Qué es una galaxia?  
Es un conjunto enorme de estrellas, planetas y otros astros menores que giran en torno al mismo punto: el centro de la galaxia.

¿Cómo se nombran las galaxias?  
O bien tienen un nombre propio o bien una M seguida de un número (catálogo de Messier) o bien NGC seguido de un número (New General Catalogue).

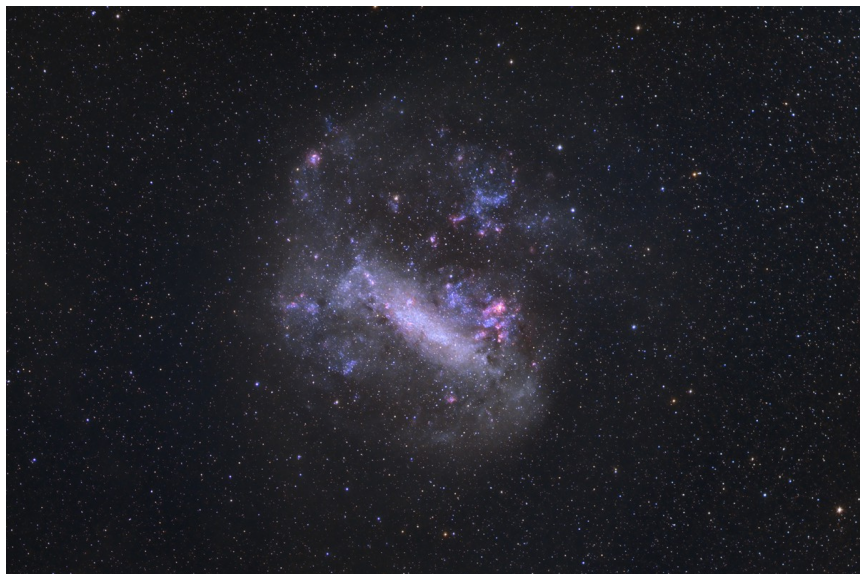
¿Cuáles son las galaxias más conocidas?  
La Vía Láctea, Andrómeda, las Nubes de Magallanes, la galaxia del Sombrero, M51, M81, NGC 1300, etc.



La Vía Láctea



Andrómeda



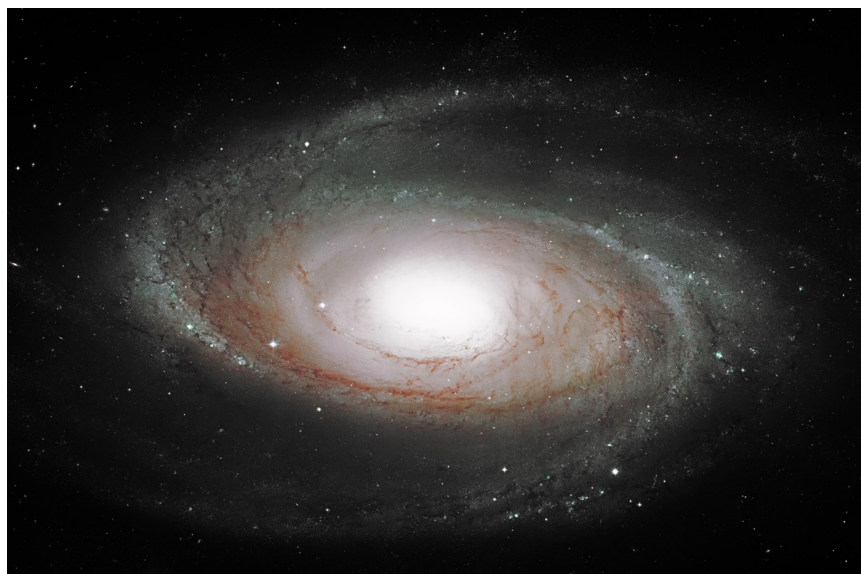
Gran Nube de Magallanes



NGC 1300



NGC 6744



M81



M51



Galaxia del sombrero





NGC 4945



M101

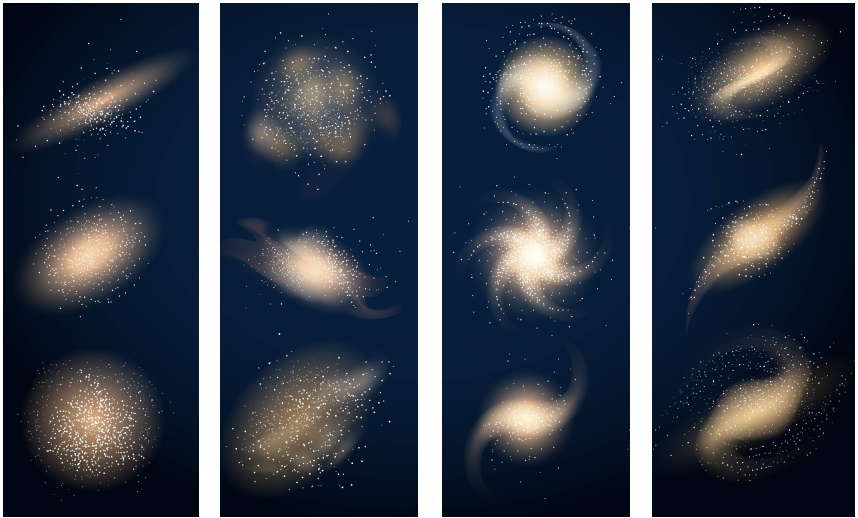
¿Cómo se pueden clasificar las galaxias?

a) Por su morfología: es decir, por su forma.

b) Por su dinámica: es decir, por el grado de interacción con otras galaxias.

¿Cómo se clasifican las galaxias según su morfología?

Se clasifican principalmente en: elípticas (E), lenticulares (SO), espirales (S), espirales barradas (SB) e irregulares (Irr). Hay otras formas como: de anillo, de lente y de remolino.



Elíptica

Irregular

Espiral

Espiral barrada

¿Cómo son las galaxias elípticas?

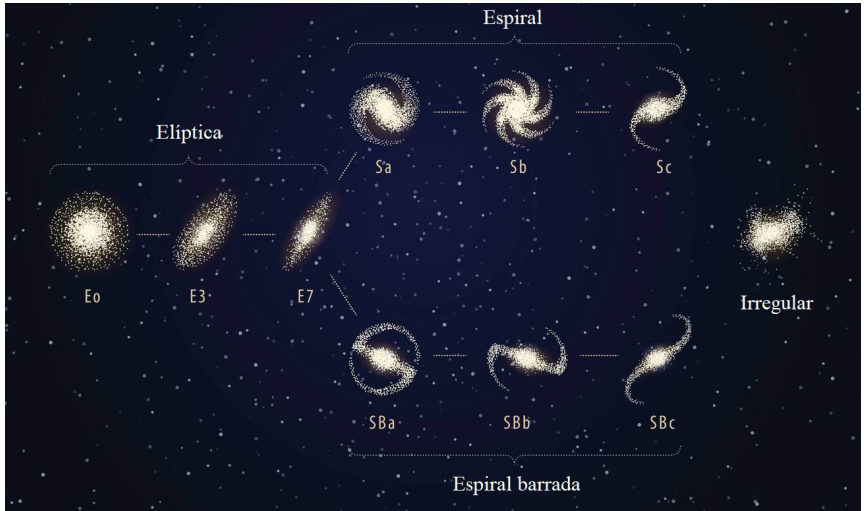
Son como grandes pelotas de rugby, de color rojizo. Contienen poco gas. La mayoría de sus estrellas son viejas y frías, de ahí el color. Las estrellas se distribuyen uniformemente en todas direcciones alrededor del centro de la galaxia. Tienen pocos cúmulos abiertos y una baja tasa de formación de estrellas. Tienen baja proporción de metales pesados. Son el resultado de un choque o fusión de galaxias más pequeñas. Su tamaño es muy variable: desde galaxias enanas hasta galaxias gigantes.

¿Cómo se clasifican las galaxias elípticas?

Desde E0 (casi esféricas) hasta E7 (la de mayor elongación).

¿Cómo son las galaxias espirales?

Tienen un núcleo y un disco prominente. Tiene unos brazos que forman una espiral. En el núcleo hay poco gas y estrellas viejas, por lo que es de color rojizo. En el disco y en los brazos hay gas, polvo y estrellas jóvenes.



Tipos y subtipos de galaxias

¿De qué color se ven las galaxias espirales?

Blanco azulado cuando se ven de frente y como una banda oscura cuando se ven de perfil. Este color oscuro se debe al polvo.

¿Qué es el halo?

Es una zona esférica que rodea a todo el disco en las galaxias espirales. En él hay numerosos cúmulos estelares globulares donde abundan estrellas viejas.

¿Cómo se forman los brazos espirales?

Mediante las llamadas ondas de densidad. Estas ondas presionan al gas interestelar causando la formación de estrellas jóvenes. Entre los brazos abundan las estrellas viejas.

¿Qué tipos de galaxias espirales existen?

La Sa, la Sb y la Sc.

¿Cómo son las galaxias espirales Sa?

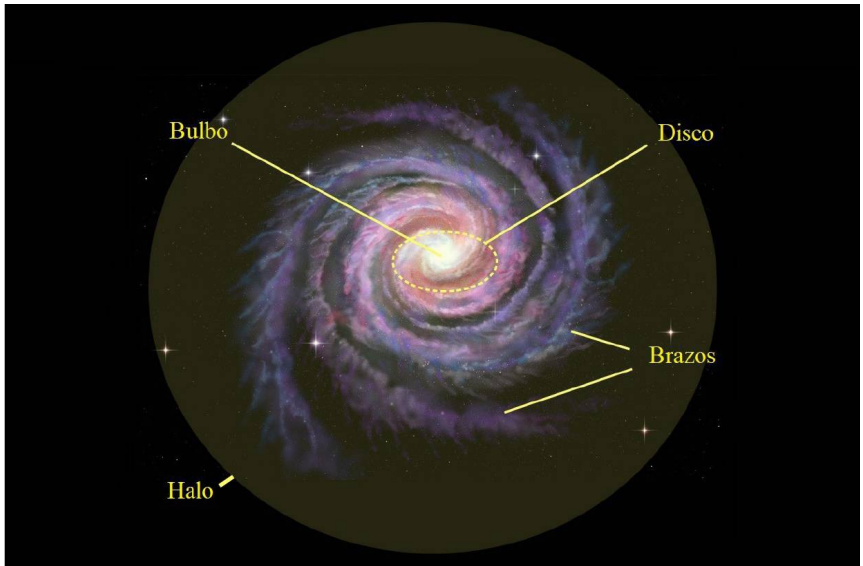
Están firmemente enrolladas, sus brazos están poco definidos y el bulbo es grande en comparación con la galaxia.

¿Cómo son las galaxias espirales Sc?

Sus brazos están muy definidos y el bulbo es relativamente pequeño.

¿Cuáles son las partes de una galaxia espiral?

El bulbo, el disco, los brazos y el halo.



Partes de una galaxia espiral

¿Qué es el disco o disco galáctico?

Es la parte de una galaxia compuesta por estrellas jóvenes. Tiene cúmulos abiertos.

¿Qué es el halo?

Es la estructura en forma de esfera que envuelve a la galaxia. Contiene estrellas muy viejas. Tiene cúmulos globulares.

¿Qué es el bulbo?

Es la zona con mayor densidad de estrellas, el centro de la galaxia. Está rodeando al núcleo. Tiene forma de esfera achatada.

¿Cómo es una galaxia espiral con barra?

Tienen una barra en el núcleo del que parten los brazos espirales.

¿Qué tipos de galaxias espirales con barra existen?

La SBa, la SBb y la SBc.

¿Cuál es el origen de la barra de una galaxia espiral barrada?

Se piensa que la barra es una estructura temporal que es el resultado de las fuerzas de marea con otra galaxia.

¿Cómo son las galaxias irregulares?

No tienen una forma definida como las elípticas o las espirales. No poseen una estructura central ni unos brazos espirales. Tienen una gran cantidad de gas y polvo, por lo que tienen una alta tasa de formación estelar. Son las más abundantes en el Universo. Se piensa que una vez fueron elípticas o espirales pero se deformaron por interacciones gravitacionales.

¿Qué es una galaxia lenticular?

Es una galaxia intermedia entre la elíptica y la espiral. Tiene forma de lente. Presenta un núcleo prominente, como ocurre en las galaxias elípticas. Presenta además un delgado disco alrededor del núcleo.

¿Qué suele haber en el centro de las galaxias grandes?

Un agujero negro supermasivo, unas 3.000 millones de veces más pesado que el Sol.

¿Qué es una galaxia con núcleo activo o galaxia activa?

Es aquella cuyo núcleo emite grandes cantidades de energía y de manera violenta. Gran parte de su energía proviene de un agujero negro supermasivo en el centro de la galaxia. La radiación del núcleo proviene de la caída de materia desde el disco hasta el agujero negro.

¿Qué pueden ser algunas galaxias con núcleos activos?

Pueden ser galaxias Seyfert o pueden ser cuásares, dependiendo de su luminosidad. En ambos casos, emiten gran cantidad de energía en forma de rayos X.

¿Qué es una galaxia Seyfert?

Es una galaxia espiral que contiene un núcleo central activo, con líneas espectrales de gas ionizado, de intenso brillo.

¿Qué son las galaxias peculiares?

Son aquellas que han interactuado de forma importante con sus vecinas y les han provocado cambio en su forma, siendo la mayoría irregulares.

¿Qué es la tasa de formación estelar?

Es la velocidad con la que se forman las estrellas en una determinada galaxia o nebulosa, es decir, el número de estrellas que se forman en un período determinado.

¿Cuáles son las dos interacciones más frecuentes entre galaxias?

El pasar cerca una de otra o la fusión.

¿Cómo se organizan las galaxias?

El 80 % de las galaxias en el Universo están asociadas formando grupos o cúmulos.

¿Cuál es la diferencia entre grupos y cúmulos de galaxias?

Un grupo de galaxias está formado por entre dos y decenas de galaxias. Un cúmulo de galaxias está formado por centenares de galaxias.

¿Qué es una galaxia enana?

Es aquella que está orbitando alrededor de la galaxia principal. También se la llama galaxia satélite.

¿Cómo suelen ser las galaxias más jóvenes?

Más azules y brillantes. Esto es debido a que en las galaxias más jóvenes se forma una mayor proporción de estrellas gigantes azules.

¿Qué son las galaxias starburst?

Son aquellas que tienen una elevada tasa de formación de estrellas. Este rápido período de formación de estrellas suele ser corto, pues la galaxia agota rápidamente sus reservas de gas y polvo.

¿Qué es una nebulosa?

Es una gigantesca nube de polvo y de gas sin forma definida.

¿Qué tipos de nebulosas existen?

De absorción, de emisión, de reflexión, planetarias y restos de novas y supernovas.

¿Qué es una nebulosa de absorción?

Es una nebulosa que absorbe la luz de las estrellas que tiene detrás y que se ve oscura en un entorno brillante.

¿Qué son los glóbulos de Bok?

Son concentraciones oscuras de gas y polvo sobre un fondo coloreado. Suelen ser zonas de formación de estrellas.

¿Qué es una nebulosa de emisión?

Es una nebulosa que emite su propia luz y que está formada por plasma interestelar.

¿Qué es una nebulosa de reflexión?

Es una nebulosa que refleja la luz de las estrellas de una nebulosa de emisión. Están formadas por partículas de polvo que están iluminadas por estrellas cercanas.

¿Qué es una nebulosa planetaria?

Es una nebulosa de emisión con una envoltura de plasma en expansión.

¿Qué son las bolsas de carbón o sacos de carbón?

Son nebulosas oscuras que absorben la luz proveniente de cuerpos celestes que están detrás de ellas.

¿Qué es un objeto Herbig-Haro?

Es una nebulosa asociada a estrellas recién formadas o en proceso de formación.

¿Cuál es la diferencia entre una galaxia y una nebulosa?

Una galaxia está formada principalmente por un inmenso número de estrellas. Una nebulosa está formada sobre todo por gas y polvo interestelares.

¿Cómo se nombran las nebulosas?

a) Por un nombre común: según su forma. Ejemplo: nebulosa del cangrejo.

b) Por el catálogo de Messier: con una M y un número. Ejemplo: nebulosa M42.

c) Por el catálogo NGC (Nuevo Catálogo General): con NGC y un número. Ejemplo: NGC 2237.

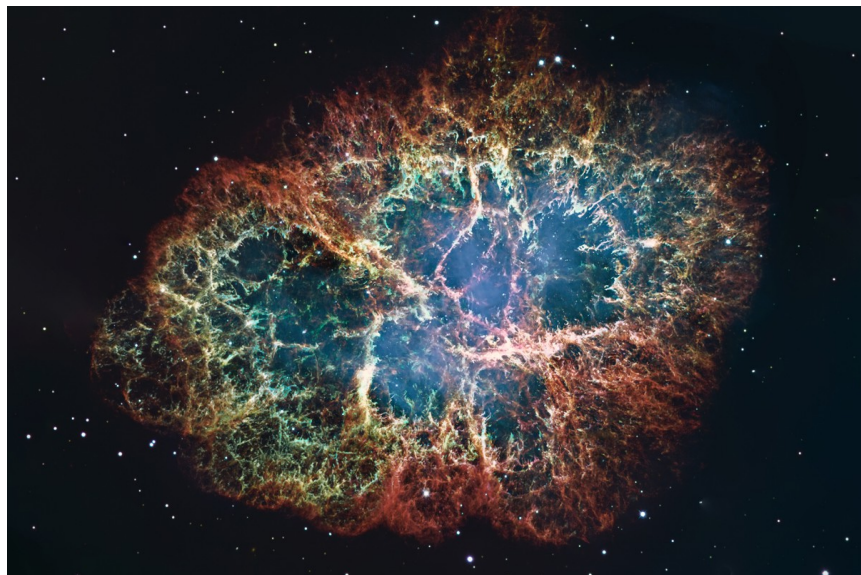




Nebulosa Cabeza de Caballo



Nebulosa Californiana



Nebulosa Cangrejo



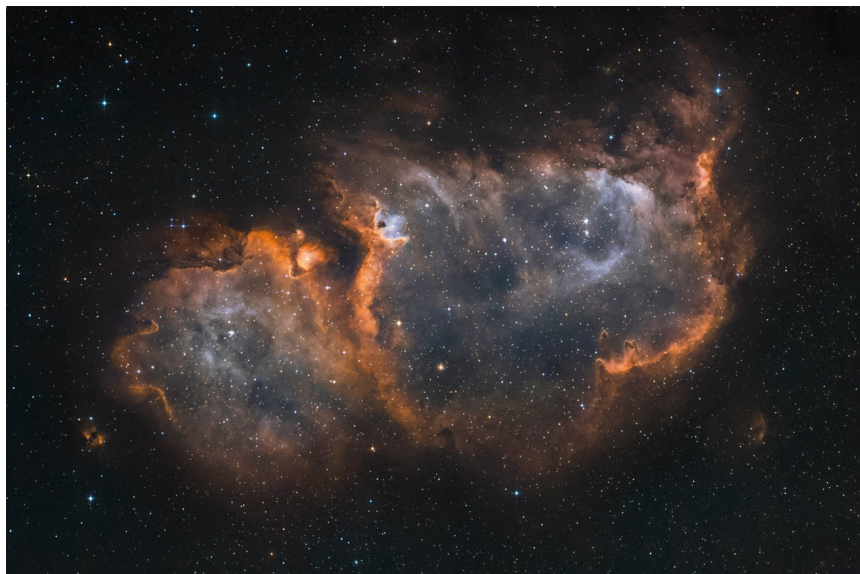
Nebulosa Carina



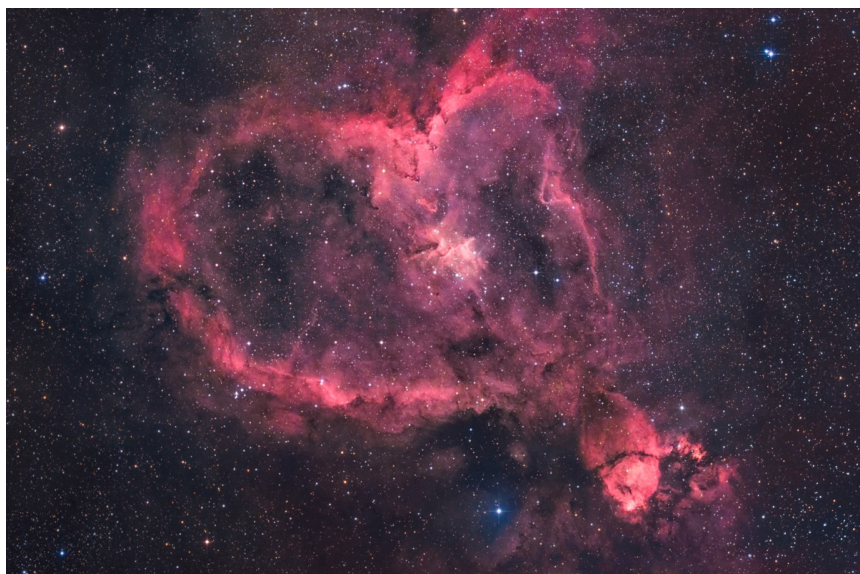
Nebulosa de la Burbuja



Nebulosa de la Hélice



Nebulosa del Alma



Nebulosa del Corazón



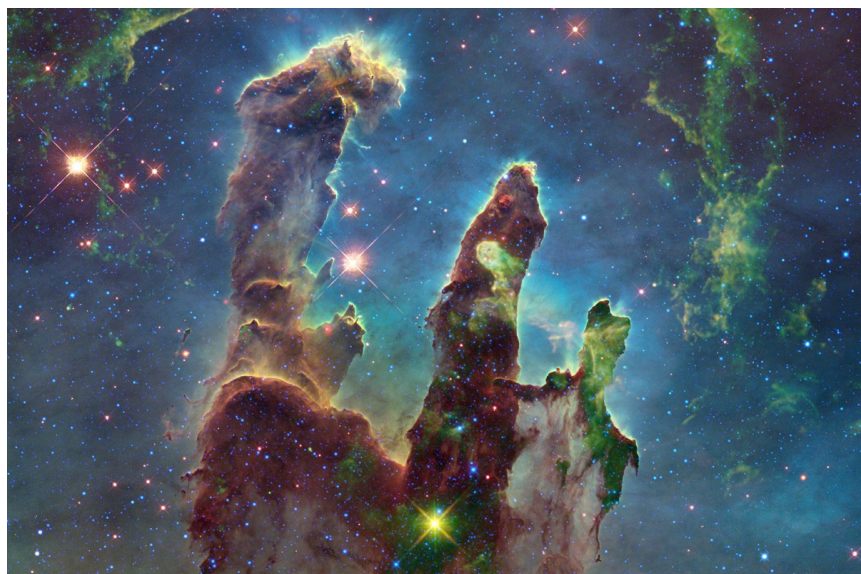
Nebulosa del Velo o de la Bruja



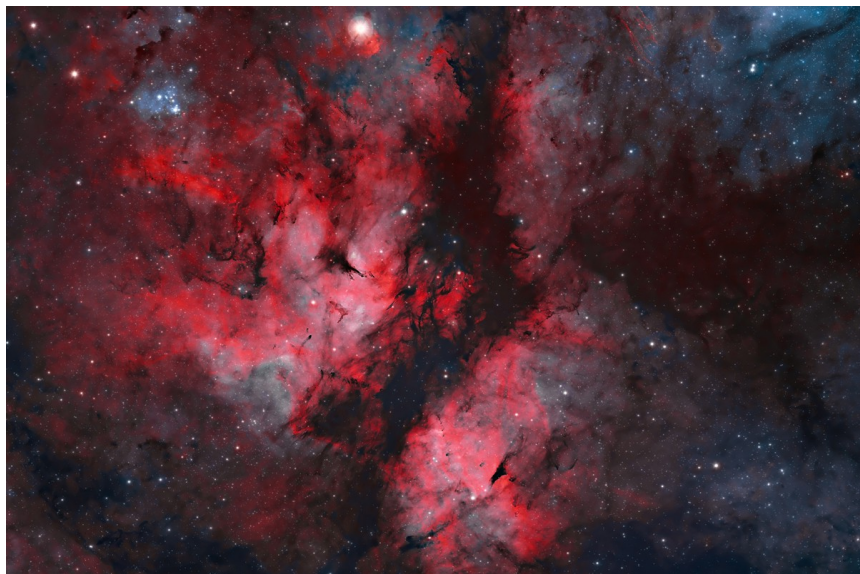
Nebulosa Dumbbell



Nebulosa Gaviota



Nebulosa los Pilares de la Creación



Nebulosa Mariposa



Nebulosa Ojo de Gato



Nebulosa Omega

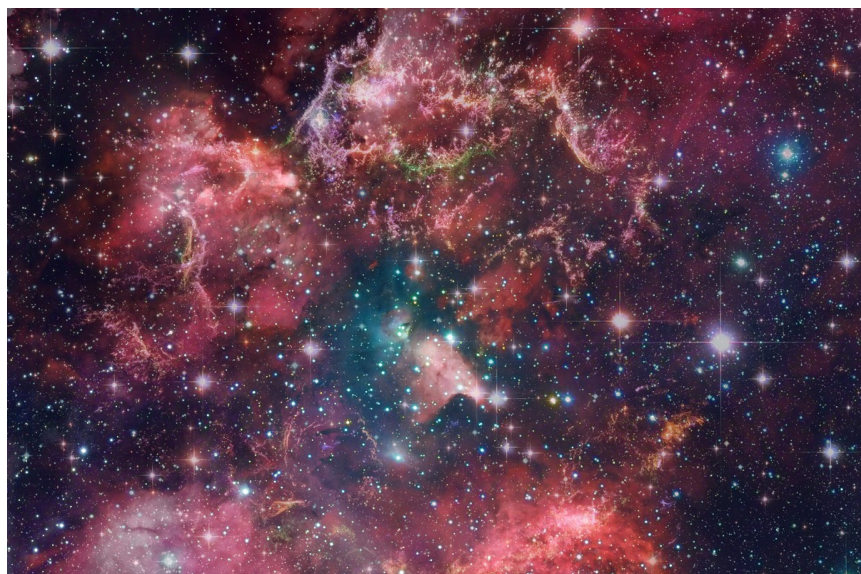


Nebulosa Orión

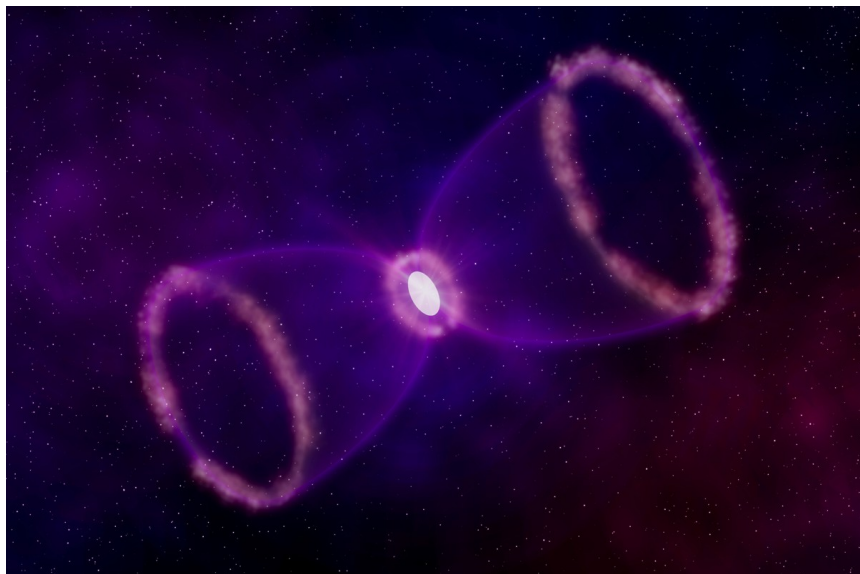




Nebulosa Pacman



Nebulosa Pata de Gato



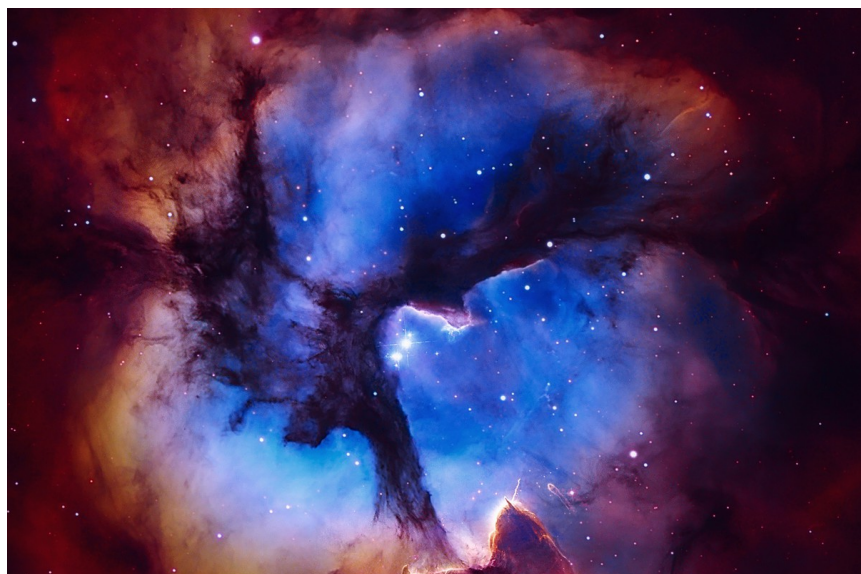
Nebulosa Reloj de Arena



Nebulosa Roseta



Nebulosa Tarántula



Nebulosa Trífida

¿Qué es un cúmulo o cúmulo estelar?

Es un grupo de estrellas que se atraen gravitatoriamente y que tienen un origen común.

¿Qué tipos de cúmulos existen?

Abierto y globular.

¿Cómo es un cúmulo abierto?

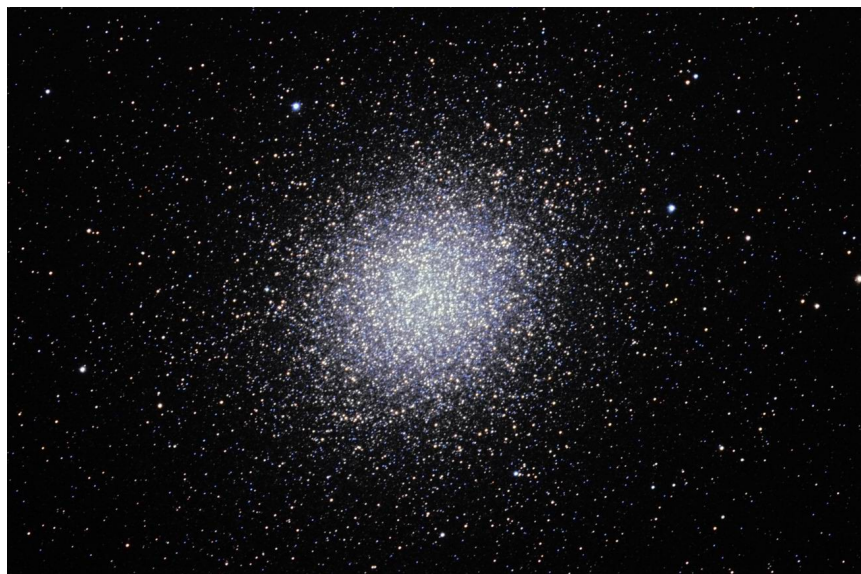
Está formado por decenas o miles de estrellas. Su estructura es poco densa.

¿Cómo es un cúmulo globular?

Está formado por entre 10.000 y un millón de estrellas. Su estructura es muy densa, las estrellas se ven concentradas con respecto a un punto.



Cúmulo abierto



Cúmulo globular

¿Los cúmulos son de estrellas o de galaxias?

Existen cúmulos de estrellas, cúmulos de galaxias y cúmulos de cúmulos (los supercúmulos).

¿Cómo se disponen las galaxias en los cúmulos?

Las galaxias elípticas se disponen hacia el centro y las espirales e irregulares están más cerca de los bordes.

¿Cómo se llama el cúmulo en el que está la Vía Láctea?

El Grupo Local.

¿Qué es el grupo Local?

Es un conjunto de unas 33 galaxias entre las que se encuentran Andrómeda, M33 y la Vía Láctea.

¿Qué es un supercúmulo?

Es una estructura formada por decenas de miles de galaxias en forma de cúmulos y grupos de galaxias.

¿Qué es un agujero negro?

Es el remanente de la explosión como una supernova de una estrella muy masiva. Es un cuerpo celeste con una densidad enorme, pues tiene la masa de una estrella en un pequeño volumen y tiene una atracción gravitatoria tan potente que es capaz incluso de impedir que la luz escape de él.

¿Puede verse un agujero negro?

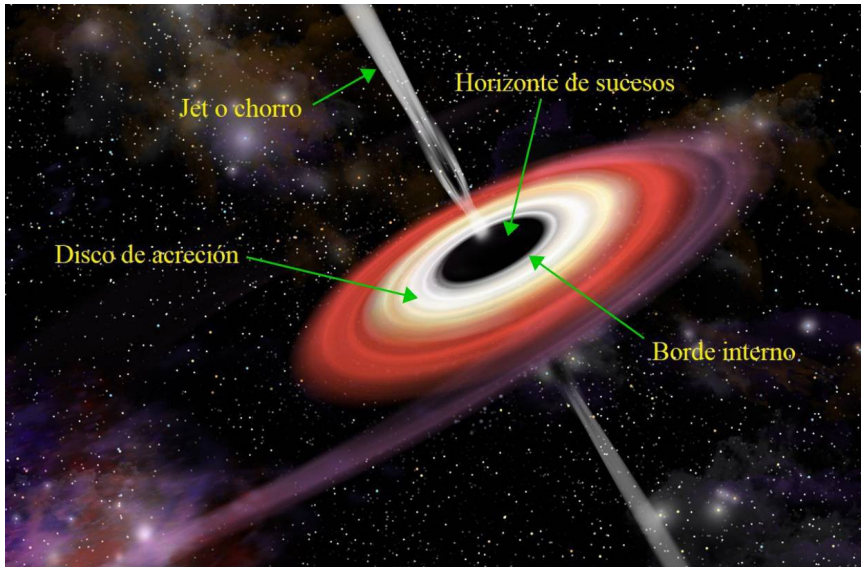
No, porque es negro sobre fondo negro.

Entonces, ¿cómo puede detectarse su presencia?

Por las alteraciones gravitacionales que causa a su alrededor. Debido a su alta densidad, atrae con gran fuerza a todos los cuerpos a su alrededor.

¿Cuáles son las partes de un agujero negro?

El disco de acreción, que a su vez está formado por la ergosfera y el horizonte de sucesos.



Partes de un agujero negro

¿Qué es el disco de acreción o de acrecimiento?

Es una zona próxima a un agujero negro que tiene gas y polvo girando a grandes velocidades alrededor del centro del agujero negro.

¿Qué es el horizonte de sucesos?

Es la zona de un agujero negro de la que es imposible escapar, pues la velocidad de escape es igual a la velocidad de la luz.

¿Qué es la radiación de Hawking?

Es un tipo de radiación emitida por un agujero negro y debida a efectos cuánticos.

¿Qué es un remanente o resto de supernova?

Es la estructura nebulosa que resulta de la explosión y expansión de una supernova.

¿Qué es una hipernova?

Es un supernova que se obtiene cuando estrellas muy masivas se colapsan. Acaba transformándose en un agujero negro.

¿Qué es un cuásar?

Es el objeto celeste que desprende más energía y lo hace en forma de luz, rayos ultravioleta, ondas de radio, etc. Es probablemente una galaxia joven que está aún comprimiéndose a partir de enormes nubes de gas que tienen un enorme agujero negro. Es decir, es una galaxia que emite una gran cantidad de energía.

¿Cómo emiten los cuásares esa cantidad de luz?

Su gravedad forma remolinos de gases a su alrededor que giran a velocidades cercanas a las de la luz. Esos remolinos producen energía y lanzan chorros de materia.



Cuásar

¿Qué es una estrella de neutrones?

Es una estrella muy pequeña y muy densa. Se compone fundamentalmente de neutrones. Es el estado final de una estrella supergigante que estalló como supernova.

¿Cuál es la principal característica de una estrella de neutrones?

Que resisten el colapso gravitatorio mediante la presión de degeneración de los neutrones y por la repulsión de la interacción nuclear fuerte de los bariones.

¿Qué es un púlsar?

Es una estrella de neutrones que gira a gran velocidad. Emite radiación de forma periódica, en forma de pulsos y tiene un fuerte campo magnético.

¿Qué radiación emiten los púlsares?

Emiten ondas de radio a medida que giran y emiten un rayo de luz pulsada de forma periódica.





Púlsar

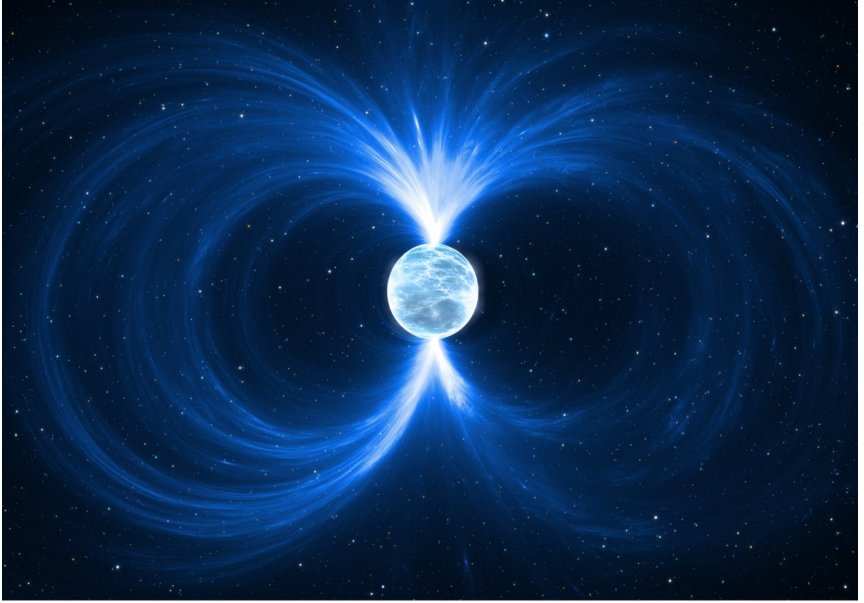
¿Cuándo se observa un flash de energía emitido por un púlsar?  
Cuando la Tierra esté alineada con el eje magnético del púlsar.

¿Qué es una radiogalaxia?

Es una galaxia que emite una enorme cantidad de radiación en forma de ondas de radio. Las radiogalaxias están más cerca de la Tierra que los cuásares. Su señal es incluso más intensa que la de nuestra propia galaxia.

¿Qué es un magnetar?

Es un púlsar que expulsa por segundo grandes cantidades de radiaciones X y gamma.



Magnetar

¿Qué es una lente gravitacional?

Es una lente que desvía la luz y que está formada por un objeto muy masivo, como una estrella gigante o un agujero negro. Dicho de otra forma: el campo gravitatorio de un cuerpo celeste grande dobla la trayectoria de la luz de un objeto distante y la aumenta, actuando como una lente.



Agujero negro con efecto de lente gravitacional

¿Qué son las Pléyades?

Es un cúmulo estelar abierto situado en la constelación de tauro.



Las Pléyades

¿Qué es Alfa Centauro?

Es la estrella más cercana a nosotros después del Sol. Se encuentra a 4'37 años luz.

¿Qué es Barnard?

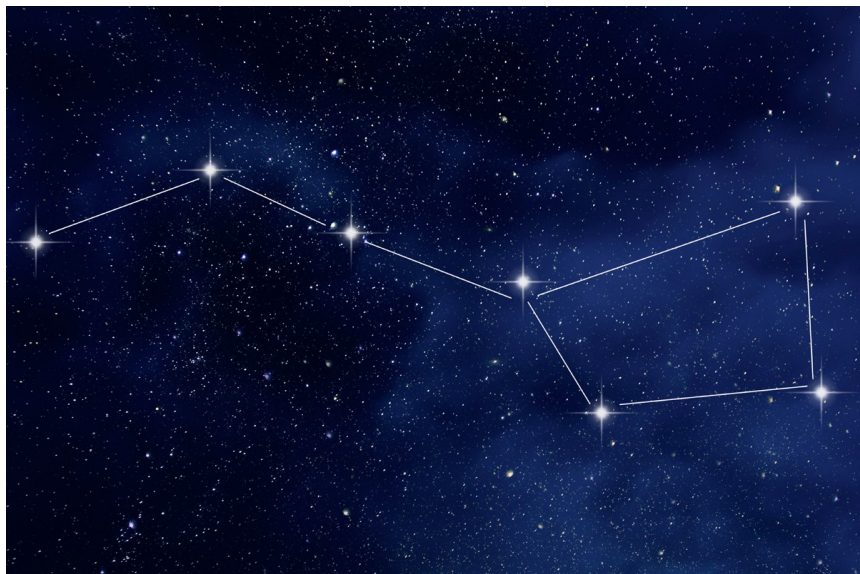
Es la tercera estrella más cercana a nosotros, después del Sol y Alfa Centauro.

¿Qué es la Osa Mayor?

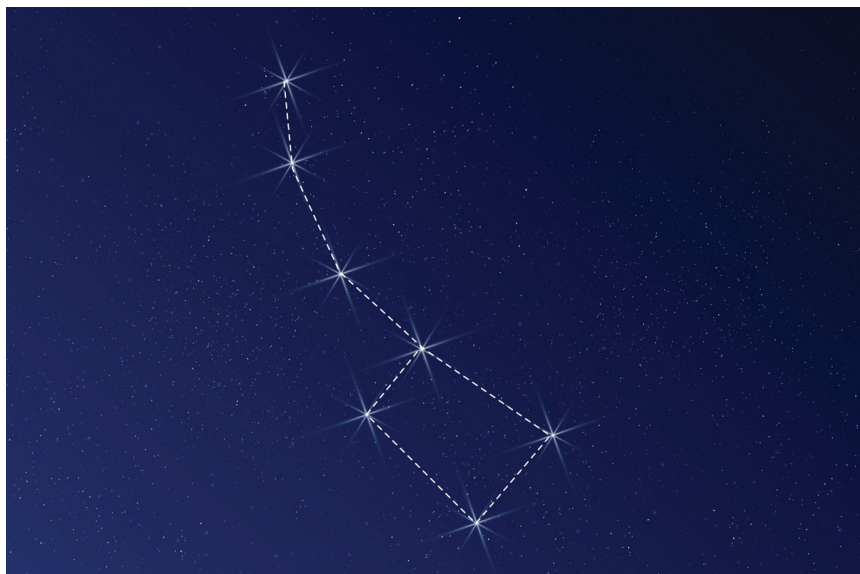
Es una constelación visible en el hemisferio norte y situada en la constelación de Sagitario. Tiene forma de cuchara.

¿Qué es la Osa Menor?

Es una constelación visible en el hemisferio norte. Tiene forma similar a la Osa Mayor, pero su eje no está derecho, sino torcido. Su estrella más importante es la estrella polar.



Osa Mayor



Osa Menor

¿Qué es la estrella polar?

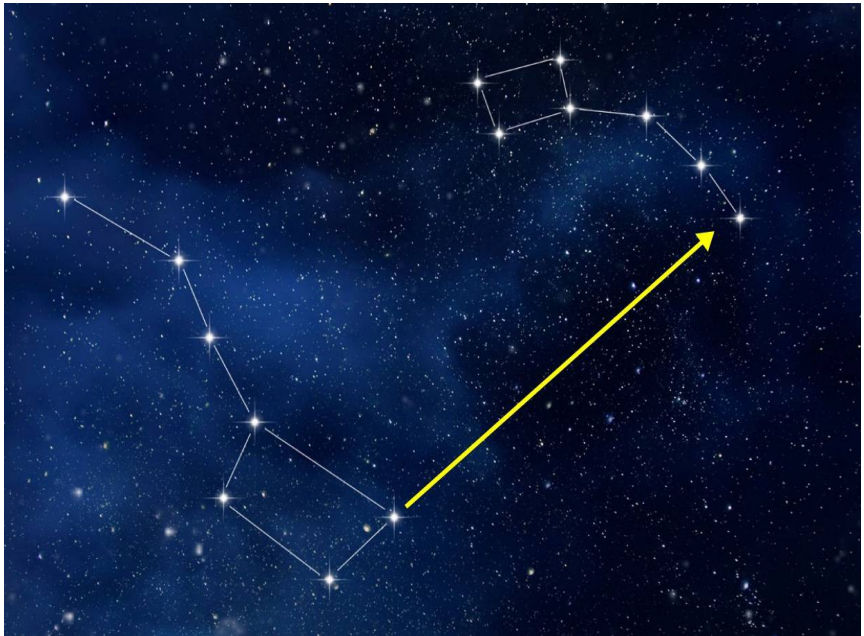
Es la estrella visible del firmamento que está más cerca del polo norte celeste. Está situada en la Osa Menor. Todas las estrellas del firmamento boreal giran en torno a ella. A lo largo de la historia, la han utilizado los navegantes para orientarse.

¿Hacia dónde señala la estrella polar?

Siempre hacia el norte.

¿Cómo se localiza la estrella polar?

Las dos primeras estrellas de la Osa Mayor forman una recta cuya prolongación hasta la Osa Menor lleva hasta la estrella polar.

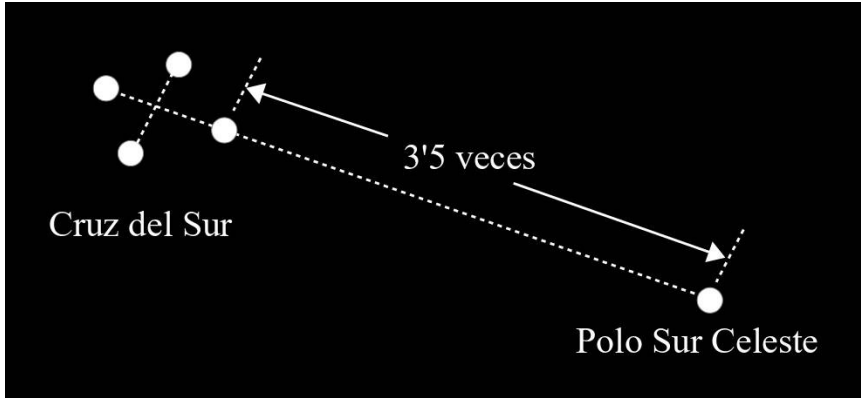


Cómo localizar la estrella polar

¿Qué es la Cruz del sur?

Es una constelación austral formada por cuatro estrellas que forman una cruz. Sirve para localizar el polo sur celeste.

¿Cómo se localiza el polo sur celeste a partir de la Cruz del Sur?  
Trazamos una línea recta por el palo mayor de la cruz. Llevamos tres veces y media la longitud del palo mayor hacia la punta más alejada. Ahí está el polo sur celeste.

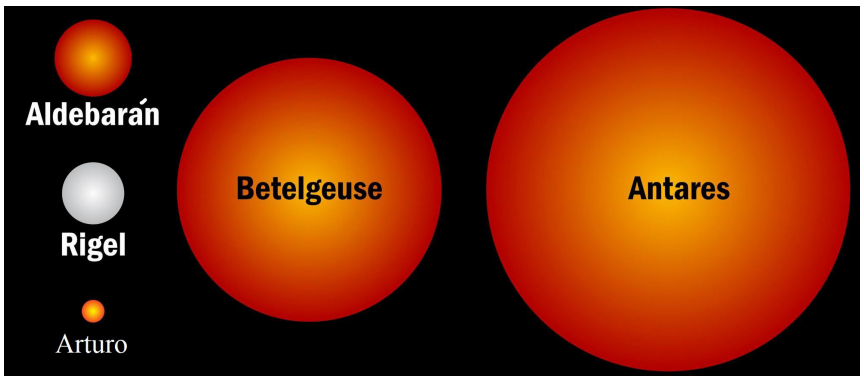
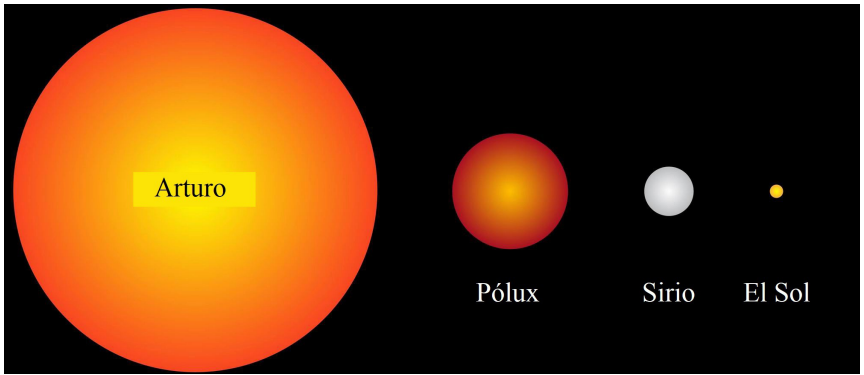
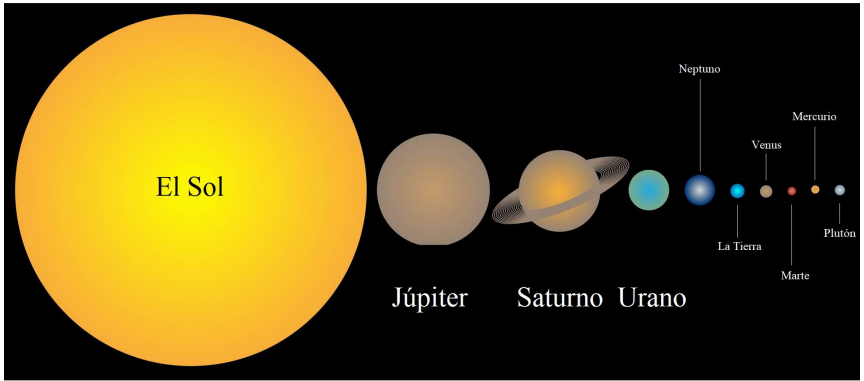


Localización del polo sur celeste

¿Cuál es la estrella más cercana a nosotros?  
Es Alfa Centauri y está a 4'3 años luz de nosotros.

¿Cuál es la estrella más brillante en el cielo nocturno?  
Es Sirio o Sirius y es 20 veces más brillante que nuestro Sol.

¿Cuáles son los nombres de algunas estrellas?  
Aldebarán, Centauri, Altair, Betelgeuse, Polaris, Rigel y Vega.



Tamaños relativos de algunas estrellas y planetas



¿Qué es Mira?

Es la primera estrella variable en ser descubierta. La variabilidad de la estrella está causada por la expansión y la contracción de las capas externas de la estrella.

¿Cuál es la galaxia más cercana a la nuestra?

Es la galaxia de Andrómeda. Está a 2'5 millones de años luz.

¿Qué son las nubes de Magallanes?

Son dos pequeñas galaxias que son satélites de la nuestra y que se encuentran un poco más lejos que la galaxia de Andrómeda. Son la Gran Nube de Magallanes y la Pequeña Nube de Magallanes.

¿Cuáles son los asteroides más famosos?

Ceres, Itokawa, Ryugu, Didymos y Faetón.

¿Qué es Ceres?

Es el más grande de los asteroides del cinturón de asteroides, entre Marte y Júpiter. Algunos autores le consideran un planeta enano.

¿Qué es Cygnus X-1?

Es el nombre de un agujero negro en la constelación del Cisne y que es un fuerte emisor de rayos X. Está compuesta por dos estrellas: una invisible en el centro y otra visible que gira alrededor perdiendo materia.

¿Qué es el cometa de Encke?

Es el cometa periódico conocido de período más corto, que es de 3 años y 106 días.

¿Qué es el cometa Ikeya-Seki?

Es el cometa conocido que más se acerca al Sol y pasa rozándolo.

## Fenómenos astronómicos

¿Qué son las auroras?

Son fenómenos atmosféricos causados por el choque de partículas ionizadas provenientes del Sol contra las capas altas de la atmósfera. Suelen ser de color verde.



Aurora

¿Qué dos tipos de auroras existen?

La aurora boreal y la aurora austral. La aurora boreal ocurre en el polo norte y cercanías y la aurora austral en el polo sur y cercanías.

¿Por qué las auroras ocurren en las cercanías de los polos?

Porque el campo magnético de la Tierra desvía esas partículas cargadas hacia los polos.

¿Qué es un halo galáctico?

Es una región del espacio que rodea a las galaxias espirales. Está formado por gas interestelar, estrellas viejas y materia oscura.

¿Qué es un halo solar?

Es un arco o circunferencia luminosa alrededor del Sol con los colores del arcoiris. Se produce por la dispersión de la luz en los cristales de hielo de la atmósfera en latitudes muy frías, como la Antártida.

¿Qué es un halo lunar?

Es un arco o circunferencia luminosa alrededor de la Luna con los colores del arcoiris. Se produce por la dispersión de la luz en los cristales de hielo de la atmósfera en latitudes muy frías, como la Antártida.



Halo solar



Halo lunar

¿Qué es el crepúsculo?

Es el momento anterior a la salida del Sol y posterior a su puesta en el que el cielo está iluminado porque el Sol alumbra las capas altas de la atmósfera. El observador no tiene aún o no tiene ya visual del Sol porque el Sol está detrás del horizonte.



El crepúsculo

¿Qué es el centelleo?

Es una luminosidad variable de los cuerpos celestes provocada por las turbulencias atmosféricas.

¿Qué es un blazar?

Son chorros de energía muy intensos y variables que producen una fuerte radiación.

¿Qué es la luz cenicienta?

Es la luz que refleja la Tierra en la parte oscura de la Luna cuando ésta está en cuarto creciente.

¿Qué es Gegenschein?

Es un débil resplandor en el cielo nocturno en la línea de la eclíptica y en la parte opuesta a la que se encuentra el Sol. Está causada por la reflexión de la luz del Sol en el polvo interplanetario.

¿Qué es la luminiscencia nocturna?

Es un tenue resplandor en el cielo nocturno debida a radiaciones del espacio que excitan a las partículas de la atmósfera.

¿Qué es la luz zodiacal?

Es una luz tenue que se observa por encima del horizonte al amanecer o después del ocaso. Se debe a la difusión de la luz por polvo interplanetario a lo largo de la eclíptica.

¿Qué es la polarización?

Es un fenómeno que experimenta la luz que consiste en que los planos de vibración de la luz se filtran al pasar por un medio adecuado para obtener luz polarizada, es decir, luz que vibra en un solo plano. Pueden polarizar la luz de los astros las nebulosas y las nubes de gas y polvo.

¿Qué son las explosiones de rayos gamma?

Son destellos muy energéticos de rayos gamma provenientes de explosiones de galaxias muy distantes. Son los fenómenos más luminosos del Universo. También se les llama brotes de rayos gamma.

¿Qué es la radiación de sincrotrón?

Es un tipo de radiación emitida por las erupciones solares, las explosiones de supernovas, las radiogalaxias, los púlsares y otros objetos y fenómenos violentos. Se produce por el movimiento a velocidades cercanas a las de la luz de partículas elementales cargadas en el seno de campos magnéticos.

¿Qué es un asteroide?

Es un cuerpo rocoso en el espacio y mayor de 10 metros.

¿Qué es un meteoroido?

Es un cuerpo rocoso en el espacio y menor de 10 metros.

¿Qué es un meteoro o estrella fugaz?

Es la luz emitida por un meteoróide al penetrar la atmósfera. Es un fenómeno de desprendimiento de luz en las altas capas de la atmósfera provocado por la desintegración por fricción de un cuerpo rocoso viajando a grandes velocidades.

¿Qué tipos de objetos celestes de mediano tamaño existen?



Objetos celestes de pequeño tamaño

¿Qué es una bola de fuego?

Es un meteoro más brillante que Venus y que no se desintegra al entrar en la atmósfera, sino que se inflama.



Estrella fugaz

¿Qué es un bólido?

Es un meteoro de tamaño relativamente grande y que explota en la atmósfera.

¿Qué es un meteorito?

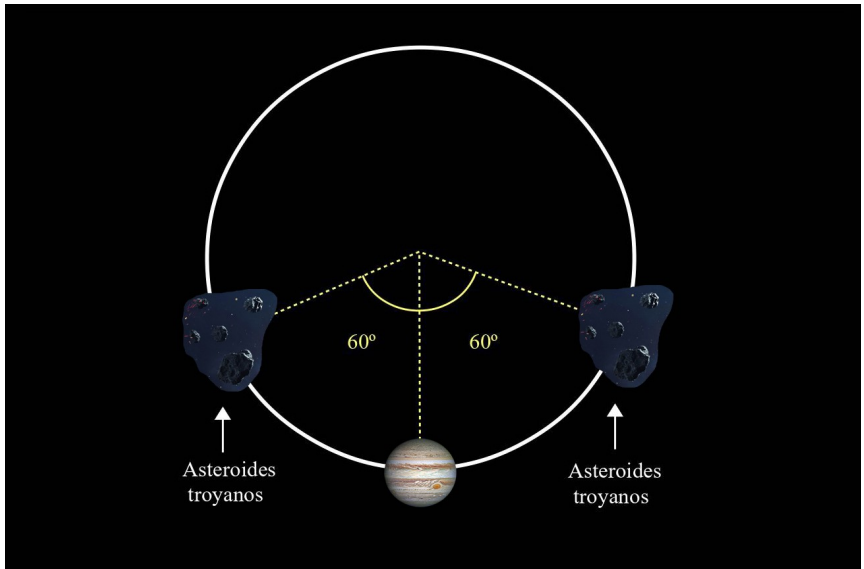
Es un cuerpo rocoso, fragmento de un asteroide o meteoroides que alcanza la superficie de un planeta porque no se ha desintegrado totalmente en su atmósfera.

¿Qué tres tipos de asteroides existen?

- a) Tipo F: metálicos.
- b) Tipo C: carbonáceos.
- c) Tipo S: silicatos rocosos.

¿Qué son los asteroides troyanos?

Son aquellos que están en la órbita de Júpiter. Hay dos nubes de asteroides: una que está  $60^\circ$  delante de su órbita y otra que está  $60^\circ$  detrás de su órbita.



Asteroides troyanos



¿Qué es una lluvia de estrellas?

Es un fenómeno que consiste en la visualización de un número importante de estrellas fugaces en una región del cielo. Suele ocurrir varias noches consecutivas y en una determinada época del año.

¿Por qué se produce la lluvia de estrellas?

Porque la Tierra pasa por la zona por la que un cometa ha dejado restos en su órbita.

¿Qué es el radiante?

Es el punto del cielo estrellado donde se observa una determinada lluvia de meteoros. El radiante suele tomar el nombre de la constelación zodiacal correspondiente.

¿Cuáles son las lluvias de estrellas más conocidas?

Las Perseidas, las Andromédicas y las Cuadrántidas.

¿Qué son las lágrimas de San Lorenzo?

Es una sucesión de estrellas fugaces que ocurre durante varias noches consecutivas del 11 al 13 de agosto en el hemisferio norte. También se le llama Perseidas.



Perseidas o lágrimas de San Lorenzo

¿Por qué ocurren las lágrimas de San Lorenzo?

Porque la Tierra colisiona todos los años por las mismas fechas con los restos de polvo de un cometa: Swift-Tuttle.

¿Qué son los cráteres de impacto?

Son depresiones del terreno en forma circular presentes en la superficie de planetas y satélites por el impacto de meteoritos.



Cráter de impacto en Arizona

¿Qué son los micrometeoritos?

Son partículas provenientes del espacio exterior del tamaño de unas milésimas de milímetro y que caen continuamente sobre la Tierra. Se depositan en el fondo de los océanos y en los casquetes polares.

¿Qué es un cometa?

Es un cuerpo celeste pequeño que gira alrededor del Sol describiendo una elipse, una parábola o una hipérbola. Está formado por hielo, polvo y roca. Tiene dos colas.

¿Qué tipos de cometas hay según su avistamiento?

Periódicos y no periódicos.

¿Qué es un cometa periódico?

Es aquel que aparece en la misma zona del espacio cada cierto tiempo, normalmente un número determinado de años.

¿De qué depende el que un cometa sea periódico o no?

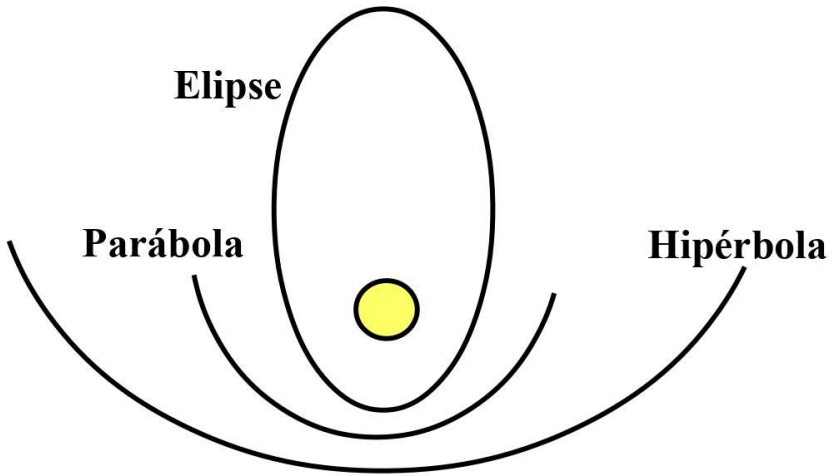
De si su trayectoria es cerrada o no. Los de trayectoria cerrada son periódicos y los de trayectoria abierta son no periódicos.



Cometa

¿Qué tipos de trayectorias pueden tener los cometas?

Elíptica, parabólica e hiperbólica. La elíptica es cerrada y la parabólica y la hiperbólica son abiertas.



Trayectorias de cometas

¿Qué es la presión de la luz?

Es la presión ejercida por la luz sobre una superficie. Este fenómeno explica el que una de las colas de los cometas se oriente siempre radialmente hacia el Sol y en sentido contrario.

¿Cuáles son las partes de un cometa?

Son tres: el núcleo, la coma y la cola. El núcleo está en la cabeza y está formado por una parte congelada de hielo, gas, roca y polvo y una parte gaseosa de monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano y amoníaco. La coma es un gas que rodea al núcleo.

¿Cuántas colas tiene un cometa?

Tiene dos: la cola iónica y la cola de polvo.

¿Cómo es la cola iónica?

Está formada por iones, es azulada. Va dirigida radialmente hacia el Sol y apuntando en sentido contrario al Sol. Es debida a la presión de la radiación solar.

¿Cómo es la cola de polvo?

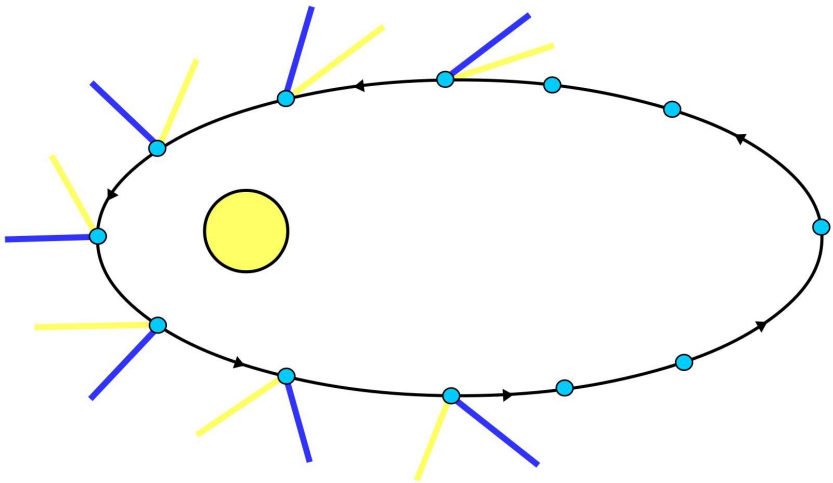
Está formada por gas y polvo, es muy larga y amarilla. Se sitúa entre la cola iónica y la trayectoria.

¿Cuándo le sale la cola a un cometa?

A medida que el cometa se acerca al Sol, desarrolla una cabellera de gas a su alrededor. Esto es como consecuencia de que el hielo sublima al acercarse al Sol. Al acercarse más, el gas y el polvo forman la cola. Tras rodear al Sol y alejarse de él, el cometa se vuelve a congelar lentamente.

¿Cómo se modifica la orientación de las colas de un cometa al moverse en su trayectoria?

La cola iónica (azul) está siempre orientada en la dirección del Sol y en sentido contrario. La cola de polvo (amarilla) está situada entre la cola iónica y la trayectoria del cometa. Cuando el cometa está lejos del Sol, las colas desaparecen.



Colas de un cometa

¿De dónde provienen los cometas?

Del cinturón de Kuiper o de la nube de Oort.

¿Qué es la nube de Oort?

Es una esfera gigante que rodea al Sistema Solar y que se formó en las fases iniciales del Sistema Solar.

¿Qué tipo de cometas parten del cinturón de Kuiper?

Los de período corto, es decir, hasta unos 100 años en dar la vuelta completa al Sol.

¿Cuál es un ejemplo de cometa que parte del cinturón de Kuiper?

El cometa Halley, con un período de 76 años.

¿Qué tipo de cometas parten de la nube de Oort?

Los de período largo, es decir, de miles de años en dar la vuelta completa al Sol.

¿Cuál es un ejemplo de cometa que parte de la nube de Oort?

El cometa Hale-Bopp, con un período de 2537 años.

¿Puede haber tenido la vida origen extraterrestre?

Efectivamente. Según algunas hipótesis, la vida pudo originarse a partir de materia orgánica procedente de cometas que chocaron contra la Tierra.

¿Qué ocurrió en Júpiter en 1994?

Un cometa impactó contra el planeta. Antes de llegar a la superficie, las fuerzas de marea de Júpiter partieron al cometa en varios pedazos.

¿Qué es la superluna?

Es la coincidencia de la Luna llena con el máximo acercamiento de la Luna a la Tierra. El efecto es una Luna más grande y brillante de lo normal.



Superluna

¿Qué son las colisiones galácticas?

Son choques entre galaxias en los que la galaxia mayor absorbe a la menor por atracción gravitatoria.



Colisión entre galaxias

¿Qué ocurre cuando dos galaxias se fusionan?

Se producen estallidos de formación estelar. Las estrellas no suelen chocar entre sí, pues el espacio entre ellas es muy grande, pero se produce una redistribución de las estrellas.

¿Qué es un cúmulo bala?

Son dos galaxias en colisión.

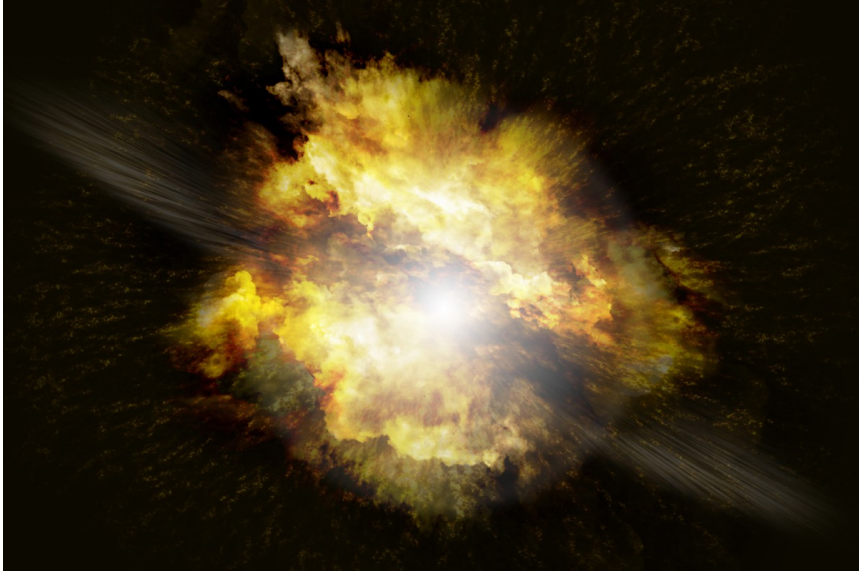
¿Qué es el canibalismo galáctico?

Es el fenómeno mediante el cual una galaxia absorbe a otra más pequeña.



¿Qué es una nova?

Es una explosión ocurrida en una enana blanca que forma parte de un sistema binario. La explosión ocurre por el calentamiento de una de las dos estrellas al recibir materia de la otra estrella, por la acreción del hidrógeno en la superficie de una enana blanca. La luminosidad alcanzada es de unas 10.000 veces la del Sol.



Nova

¿Qué es una supernova?

Es una explosión muy violenta que ocurre en algunas estrellas. La luminosidad alcanzada es varios millones de veces mayor que la del Sol.



Supernova

¿Qué tipos de supernovas existen?

De tipo I y de tipo II.

¿Dónde se producen las supernovas de tipo I?

Se producen en sistemas binarios.

¿Qué tipos de supernovas I existen?

La Ia, la Ib y la Ic.

¿Cómo son las supernovas tipo Ia?

Su espectro no tiene líneas de hidrógeno o de helio, pero sí de silicio. Son producidas por la explosión de una enana blanca de un sistema binario.

¿Cómo son las supernovas tipo Ib?

Su espectro no tiene líneas de hidrógeno, pero sí de helio. Resultan del colapso de estrellas masivas, al perder el hidrógeno de sus capas externas.

¿Cómo son las supernovas tipo Ic?

Su espectro no tiene líneas de hidrógeno ni de helio. Las estrellas que las producen perdieron el hidrógeno y el helio antes de la explosión.

¿Dónde se producen las supernovas de tipo II?

Se producen cuando una estrella muy masiva (normalmente una supergigante roja) agota su combustible nuclear.

¿Cuáles son las diferencias entre novae y supernovas?

- a) Las supernovas son mucho más violentas y luminosas.
- b) En las novae, la estrella inicial no queda destruida. En las supernovas, sí.

¿En qué consiste una supernova de tipo I?

En un sistema estelar binario en el que una de las estrellas es una enana blanca.

¿Cómo ocurre la explosión de la supernova tipo I?

La enana blanca roba material de su estrella compañera. Cuando se rebasa el límite de Chandrasekhar, ocurre la explosión de la supernova.

¿Qué es el límite de Chandrasekhar?

El valor de la masa de la enana blanca a partir del cual ocurre la explosión de la supernova tipo I. Este límite está en 1,44 masas solares.

¿Cómo son las supernovas tipo II?

Ocurre en estrellas muy masivas, al final de sus vidas. En sus núcleos, estas estrellas fusionan elementos más pesados que el hidrógeno: carbono, oxígeno, magnesio, neón y silicio. Al final, se forma un núcleo de hierro, que es el más estable. Después, no continúa la fusión.

¿Cómo ocurre la explosión de la supernova tipo II?

El núcleo de hierro se comprime a altas temperatura y presión por la compresión que ejercen las capas externas al ser atraídas por el núcleo. El núcleo de hierro casi se desintegra y las capas exteriores rebotan al chocar contra el núcleo de hierro.

¿Qué supernovas tienen una explosión más potente?

Las de tipo I.

¿Cuánto duran las supernovas y con qué frecuencia se producen?

Duran un par de días. Son sucesos raros. Ocurren una o dos al siglo en nuestra galaxia.

¿Qué es una onda gravitacional o gravitatoria?

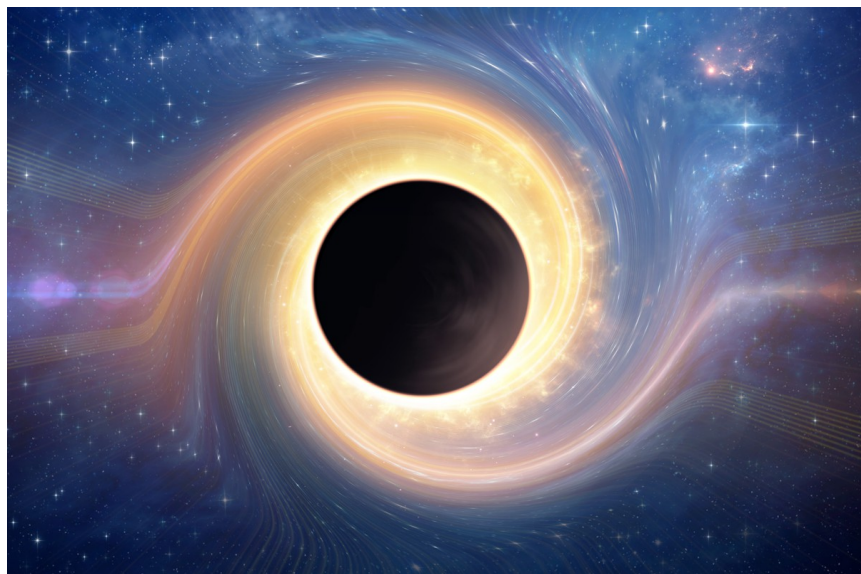
Es una perturbación en el espacio-tiempo provocada por un objeto muy masivo acelerado y que se mueve a la velocidad de la luz. Su existencia fue predicha por Albert Einstein en su teoría de la relatividad.

¿Qué puede provocarlas?

La explosión de una supernova, dos estrellas grandes que orbitan una alrededor de la otra y dos agujeros negros que orbiten entre sí y se fusionen.

¿Cómo pueden observarse?

Mediante un instrumento muy sensible llamado LIGO (observatorio de ondas gravitacionales por interferometría láser). Tiene dos brazos de unos 4 km cada uno. Las ondas gravitacionales estiran y comprimen esos brazos y unos detectores miden esos cambios en la longitud.



Onda gravitacional

¿Qué es el magnetismo estelar?

Es el campo magnético que presentan las estrellas. Es importante cuando la estrella se encuentra en rápida rotación.

¿Qué es el momento angular?

Es una magnitud física vectorial que se obtiene multiplicando la distancia a un punto por la velocidad del cuerpo.

¿Qué es el principio de conservación del momento angular?

Es el principio por el cual cuando un cuerpo rotatorio se contrae, gira más rápido. Al contrario, cuando se expande, gira más lento. Este principio también determina el que las trayectorias de los planetas formen un plano orbital.

¿Qué es el efecto Poynting-Robertson?

Es un fenómeno que consiste en que las partículas de polvo interplanetario se mueven lentamente en espiral hasta caer en el Sol debido a la presión de la radiación solar.

## **Exploración del espacio**

¿Qué es la NASA?

Son las siglas de National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio). Es la agencia estadounidense dedicada a la exploración e investigación aeroespacial a nivel civil, no militar.

¿Qué es la ESA?

Son las siglas de European Space Agency (Agencia Europea del Espacio). Es una organización internacional europea dedicada a la exploración e investigación aeroespacial.

¿Qué es Baikonur?

Es el polígono de lanzamiento espacial o cosmódromo más grande y antiguo del mundo. Se encuentra en Kazajistán.

¿Qué es el Cabo Cañaveral?

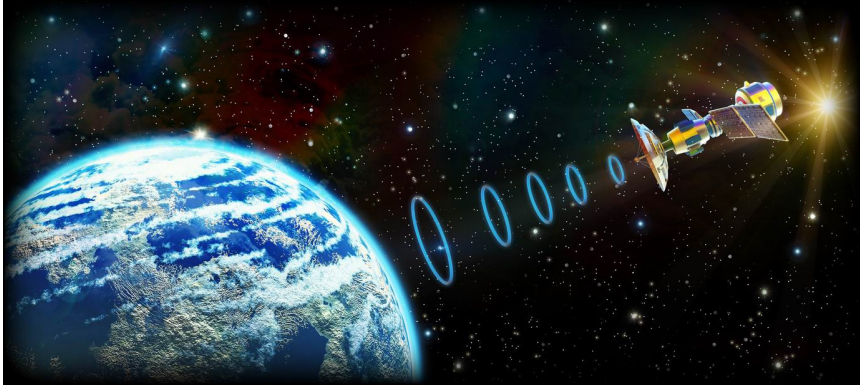
Es la base de actividades espaciales y de lanzamiento de misiles más importante de EEUU. Está situado en la costa de Florida.

¿Qué es CNES?

Es el Centre National d'Etudes Spatiales (Centro Nacional de Estudios espaciales). Es el organismo espacial francés. Tiene su sede principal en París.

¿Qué es un satélite artificial?

Es un dispositivo creado por las personas, que orbita alrededor de un planeta y con alguna finalidad.



Satélite artificial

¿Qué tipos de satélites artificiales existen?

- a) Astronómicos: para la observación de los cuerpos celestes.
- b) Meteorológicos: para observaciones y mediciones del clima.
- c) Militares.
- d) De telecomunicaciones.
- e) De navegación: para localizar un cuerpo en la Tierra. Ejemplo: el GPS.
- f) De observación terrestre: para estudiar la superficie de la Tierra.

¿Qué es un satélite geoestacionario?

Es aquel cuyo período de rotación es de 24 horas. Este tipo de satélites está siempre en el cénit de un determinado punto de la Tierra. La altura de los satélites geoestacionarios es de unos 36.000 km.

¿Cuáles son los dos principales vehículos para viajar al espacio?  
El cohete y la lanzadera espacial.



Cohete

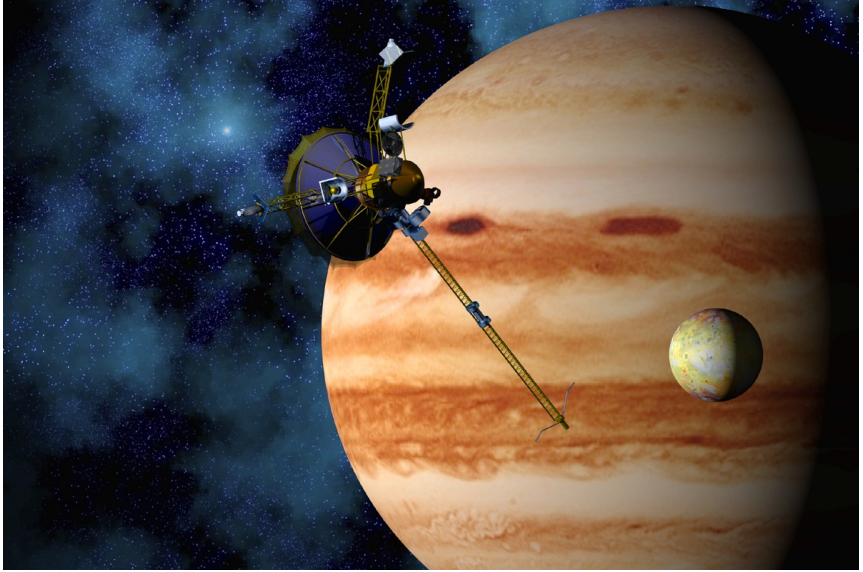


Lanzadera espacial



¿Qué es una sonda?

Es un dispositivo artificial que se envía al espacio para el estudio de algún cuerpo celeste mediante fotografías y mediciones.



Sonda espacial

¿Cuáles han sido las sondas más famosas?

La Viking 1 y la Viking 2 para explorar Marte, la Mariner 2 para explorar Venus, la Pioneer 10 para explorar Júpiter, la Galileo para explorar Júpiter y la Ulysses para explorar el Sol.

¿Qué es la ISS?

Es la estación espacial internacional. Es una estructura enorme donde se realizan trabajos de investigación, poblada con un equipo de científicos y técnicos y situada a 400 kilómetros de altura.



Estación espacial internacional

¿Qué es la chatarra espacial o basura espacial?

Son restos de cohetes, de satélites ya no operativos y de piezas sueltas que orbitan alrededor de la Tierra.

¿Por qué es perjudicial la chatarra espacial?

Puede dificultar misiones espaciales, puede impactar con satélites activos y puede dificultar la observación astronómica.



Basura espacial

¿Qué es un escudo térmico?

Es un sistema de protección contra las altas temperaturas que deben llevar las naves espaciales para atravesar la atmósfera a gran velocidad.

¿Qué son los retrocohetes?

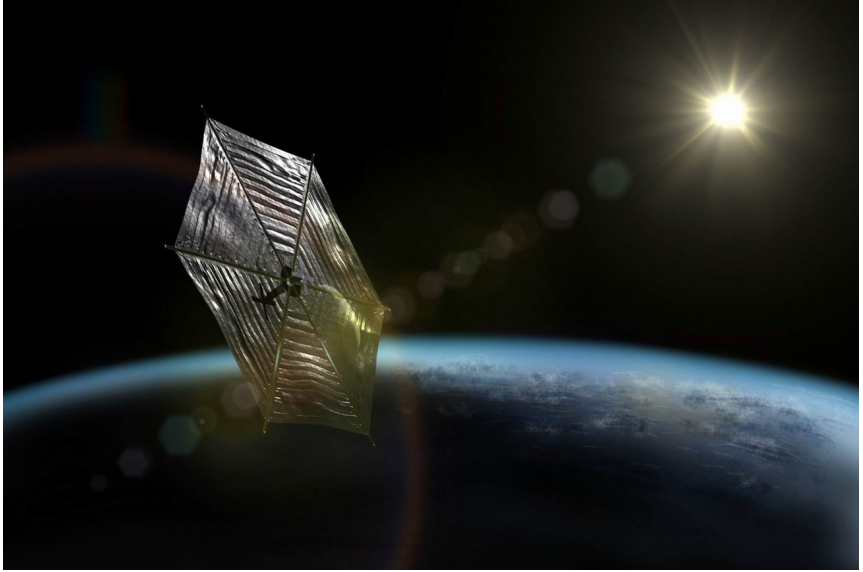
Son motores a reacción cuyos chorros están orientados en sentido contrario al del movimiento para poder disminuir la velocidad de la nave.

¿Qué es un astronauta o cosmonauta?

Es aquella persona que viaja por el espacio más allá de la atmósfera terrestre.

¿Qué es una vela solar?

Es un dispositivo de propulsión para naves y sondas espaciales consistente en una gran superficie que recibe la presión de radiación solar.



Vela solar

¿Cuál fue el primer satélite en órbita?

El satélite soviético Sputnik, lanzado en 1957.

¿Cuál fue el primer ser vivo en el espacio?

La perra Laika, que viajó en la nave soviética Sputnik 2.

¿Cuál fue el primer dispositivo que llegó a otro astro?

La sonda soviética Luna 2, que impactó contra la superficie lunar en 1959.

¿Quién fue la primera persona en el espacio?

El astronauta ruso Yuri Gagarin, que orbitó la Tierra en 1961.

¿Qué fue Apolo?

Fue un programa espacial estadounidense que consiguió llevar seis expediciones a la Luna desde 1969 hasta 1972. Fue el primer programa que llevó a una persona a la Luna.

¿Cuál fue la primera misión tripulada que llegó a la Luna?

La misión Apolo 11. En ella viajaban los astronautas estadounidenses: Armstrong, Aldrin y Collins.

¿Qué es Sputnik?

Es el nombre que se dio a la primera serie de satélites espaciales, puestos en órbita por la antigua Unión Soviética. El Sputnik 1 fue lanzado en 1957.

¿Qué es una cita astronáutica o rendez-vous?

Es una maniobra consistente en la aproximación de dos vehículos espaciales.

¿Qué es el amarre espacial?

Es la maniobra de unión de dos vehículos espaciales que se encuentran en órbita terrestre. Esta fase sigue a la de rendez-vous.

¿Qué otros nombres recibe el amarre espacial?

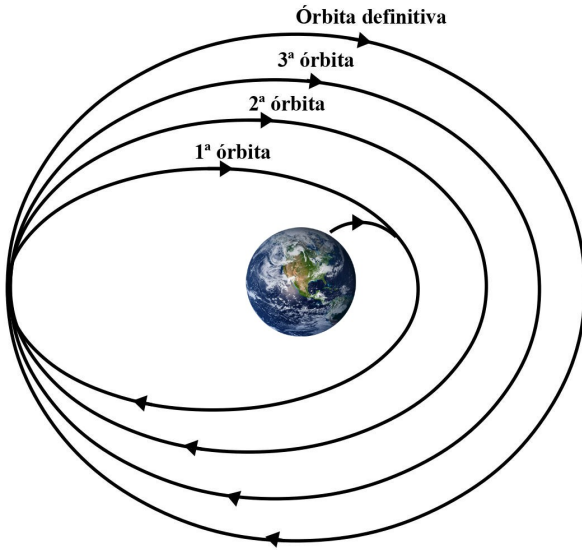
Acoplamiento espacial o docking.



Acoplamiento espacial

¿Qué es la órbita de estacionamiento?

Es una órbita temporal en la que se sitúa un satélite, nave o sonda antes de salir lanzado hacia otra trayectoria. En un determinado punto de la órbita de estacionamiento, se encienden los motores y la nave describe una nueva trayectoria. Normalmente, ese punto es el apogeo, el más lejano de la trayectoria.



Órbita de estacionamiento

¿Qué es la asistencia gravitatoria?

Es una maniobra utilizada en astronáutica para modificar el movimiento de una nave gracias al campo gravitatorio de un planeta.

¿De qué formas se puede cambiar el movimiento de la nave?

Se puede acelerar, se puede frenar o se puede cambiar su trayectoria. Ejemplo: se puede utilizar la asistencia gravitatoria para impulsar una sonda.

¿Qué son las actividades extravehiculares?

Son las operaciones que realizan los astronautas fuera de la nave. Su finalidad es la de realizar experimentos, construir estructuras o realizar reparaciones en el casco.



### Actividades extravehiculares

¿Qué es el retorno?

Es la fase de un vuelo espacial en la que la nave debe regresar a la Tierra. Para ello, la nave debe disminuir su velocidad orbital por la acción de los retrocohetes. Las primeras naves volvían por caída libre, frenada con un paracaídas. Las modernas lanzaderas vuelven gracias al planeo.

¿Qué es un ventana de lanzamiento?

Es el intervalo de tiempo dentro del cual una misión espacial es posible por la posición relativa favorable de los cuerpos celestes implicados.

¿Qué es la velocidad de escape?

Es la velocidad mínima de lanzamiento que debe tener un cuerpo desde la superficie de un planeta para que se aleje de él hasta el infinito. En el caso de la Tierra es de  $11'2 \text{ km/s} = 40.320 \text{ km/h}$ .

¿Qué pasa si un cuerpo se lanza verticalmente hacia arriba a una velocidad inicial inferior a la velocidad de escape?

Que sube, va frenando, se para, cambia de sentido y cae.



## Cosmología

¿Qué es la cosmología?

Es la rama de la Astronomía que estudia la historia y la estructura del Universo.

¿Qué es la cosmogonía?

Es la rama de la Astronomía que estudia el origen y la evolución del Universo.

¿Qué dice el principio cosmológico?

Que el Universo es homogéneo e isotrópico.

¿Qué significa que el Universo es homogéneo?

Que tiene las mismas propiedades físicas para todos los observadores, independientemente de su ubicación.

¿Qué significa que el Universo es isotrópico?

Que tiene las mismas propiedades físicas para todos los observadores, independientemente de la dirección en la que se observe.

¿Qué dice el principio de Copérnico?

Que la Tierra no es el centro del Universo y nuestro lugar en el Universo no es especial. También se llama principio de mediocridad.

¿Qué es el Big Bang?

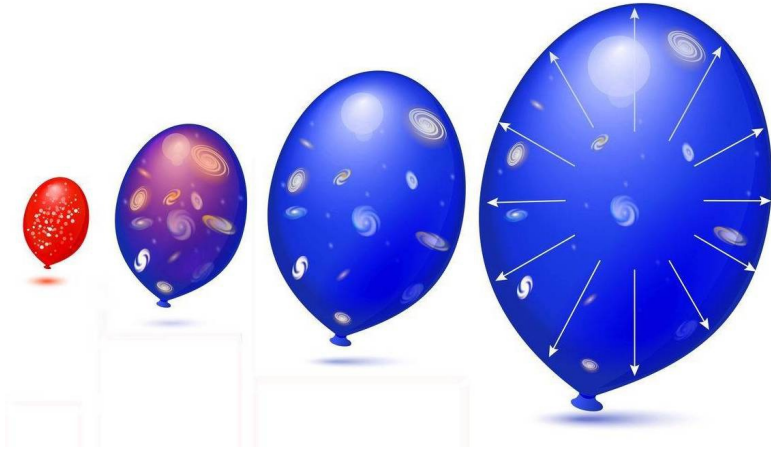
Es la gran explosión inicial que dio origen al universo. Toda la masa del universo estaba concentrada en un espacio minúsculo. Esa situación era del todo inestable y produjo una explosión enorme. Desde entonces, el Universo se está expandiendo.

¿Cuándo ocurrió el Big Bang?

Hace unos 13.800 millones de años.

¿Qué es la expansión del Universo?

Es el aumento de las distancias entre los cúmulos y los supercúmulos de galaxias. Esta distancia no deja de crecer, como dos puntos en un globo que se infla.



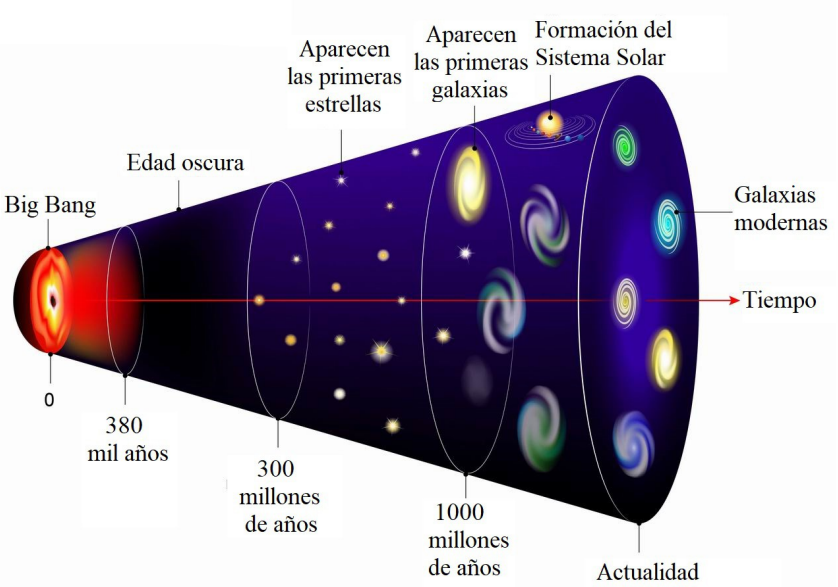
Expansión del universo

¿Qué ocurrió después del Big Bang?

El Universo se fue expandiendo y enfriando. Se agruparon nubes gigantes de gas gracias a la fuerza de la gravedad. Las nubes se fragmentaron en estrellas y formaron las primeras galaxias.

¿Cuáles son las fases del Big Bang?

- a) Era de la inflación.
- b) Era de la radiación.
- c) Era de la materia.
- d) Era de la energía oscura.



Fases del Big Bang

¿En qué consiste la era de la inflación?

Es la fase inicial. Todas las distancias se multiplicaron por un factor enorme:  $10^{25}$ . Duró muy poco:  $10^{-34}$  s.

¿Qué es la teoría inflacionaria?

Es la teoría que intenta explicar la expansión en los primeros instantes del Universo después del Big Bang. También intenta explicar por qué es homogénea la distribución de radiación en todas las regiones del Universo. Intenta resolver el llamado problema del horizonte.

¿Qué es el problema del horizonte?

Es la dificultad para explicar a gran escala la distribución de materia y energía por todo el Universo.

¿En qué consiste la era de la radiación?

Predominó la radiación sobre la materia. La velocidad de expansión fue decreciendo.

¿En qué consiste la era de la materia?

Predominó la materia sobre la radiación.

¿En qué consistió la nucleosíntesis principal?

El Universo estaba formado por un plasma que llenaba todo el espacio. Ese plasma estaba formado por protones, electrones y fotones que chocaban continuamente entre sí. Al colisionar estas partículas, se producían reacciones nucleares, pero los núcleos formados eran inestables. Cuando se enfrió más el Universo, estas partículas formadas ya eran estables.

¿En qué consiste la era de la energía oscura?

Predomina la energía oscura. La velocidad de expansión crece indefinidamente. Su duración es ilimitada.

¿Qué ocurrió a los 380.000 años en la historia del Universo?

El Universo se enfrió y se formaron los primeros átomos. La luz viajó libremente y dio lugar a la radiación de microondas actual.

¿Qué ocurrió a los 400 millones de años?

Se encendieron las primeras estrellas.

¿Qué ocurrió a los 1000 millones de años?

Se formaron las primeras galaxias.

¿Qué hechos apoyan la teoría del Big Bang?

- a) La ley de Hubble de la expansión del Universo.
- b) La radiación de fondo de microondas.
- c) La abundancia de helio y de otros elementos ligeros.
- d) El corrimiento hacia el rojo.

¿Cuáles son las características de la radiación de fondo de microondas?

- a) Representa el espectro del cuerpo negro perfecto.
- b) Corresponde a una temperatura de 2'7 K.
- c) Es muy homogénea en todas las direcciones.

¿Qué es la radiación de fondo de microondas?

Es una radiación electromagnética entre la zona de ondas de radio y del infrarrojo. Es detectable por radiotelescopios. Proviene de todas las partes del cielo. Esta radiación supone el residuo o los restos del fuego primordial creado por el Big Bang, que se ha enfriado gracias a la expansión del Universo.

¿Es homogénea la radiación de fondo de microondas?

No completamente. Hay pequeñas variaciones.

¿Qué indican estas variaciones?

Indican diferencias de temperatura entre unas zonas del espacio y otras y, por consiguiente, diferencias de densidad. En las zonas más densas es donde empezaron a formarse estructuras en los primeros momentos de la vida del Universo.

¿Qué quiere decir el corrimiento hacia el rojo?

El desplazamiento de las longitudes de onda hacia longitudes de onda más largas en los espectros de todas las galaxias. Las galaxias se mueven a través del espacio y se separan entre sí. Es decir, todos los cuerpos celestes se alejan.

¿Cuál fue la concentración de hidrógeno y helio en el Universo justamente después del Big Bang?

Un 75 % de hidrógeno y un 25 % de helio.

¿Qué es la aglomeración jerárquica?

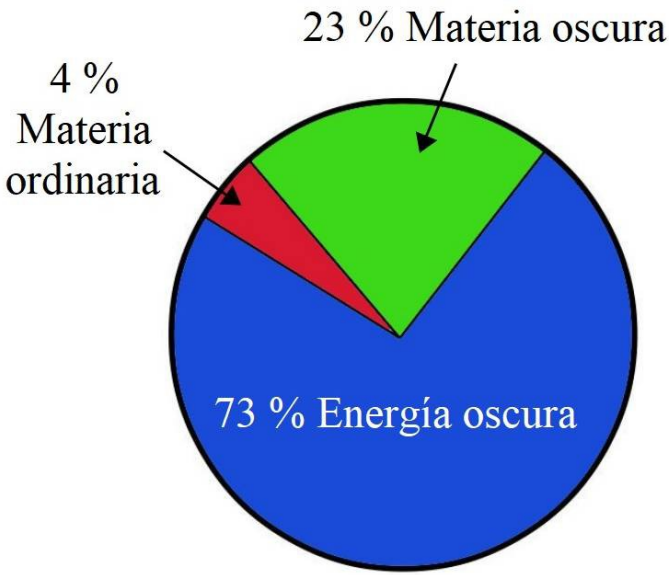
El proceso por el que las estructuras más grandes se han formado a partir de la fusión de las estructuras más pequeñas.

¿A partir de qué se han formado las estructuras actuales como las galaxias?

A partir de materia oscura fría.

¿Cuál es la composición del Universo?

Tiene un 45 % de materia ordinaria, un 23 % de materia oscura y un 73 % de energía oscura.



Composición del Universo

¿Qué es la materia ordinaria?

Es todo aquello formado por átomos, es decir, todo aquello que compone nuestros objetos cercanos y además: los planetas, las galaxias, etc. También se la llama materia bariónica.

¿Qué es la materia oscura?

Es una materia que no emite luz pero que causa perturbaciones sobre la materia visible.

¿Cuáles son las evidencias de la existencia de materia oscura?

Las curvas de rotación de las galaxias espirales y el efecto de lente gravitacional.

¿En qué consisten las curvas de rotación de las galaxias espirales?  
En que hace falta más materia de la que se ve para mantener la velocidad de rotación de las estrellas más externas de las galaxias espirales.

¿De qué es responsable la energía oscura?  
Es responsable de la expansión acelerada del Universo.

¿Qué dice el teorema del virial?  
Establece cuál es el estado de una nube molecular dependiendo del valor de:  $2 \cdot E_c + E_p$ , siendo  $E_c$  la energía cinética y  $E_p$  la energía potencial de la nube.

- Si  $2 \cdot E_c + E_p$  es positivo, la nube se encuentra en expansión.
- Si  $2 \cdot E_c + E_p$  es negativo, la nube se encuentra en colapso gravitatorio.
- Si  $2 \cdot E_c + E_p$  es cero, la nube se encuentra en equilibrio.

¿Qué es el límite de Jeans?  
Es el valor de la masa para el cual la nube empieza su colapso. Este valor se llama masa crítica o límite de Jeans.

¿Cómo se puede romper el equilibrio de una nube interestelar?  
Por una perturbación como puede ser: una onda de choque producida por la explosión de una estrella, una variación del campo magnético u otras.

¿Cuál es el origen del Sistema Solar?

Existen varias teorías:

- La teoría de acreción.
- La teoría de los protoplanetas.
- La teoría de la captura.
- La teoría laplaciana moderna.
- La teoría de la nebulosa moderna.
- La teoría nebular.

¿Cuál es la hipótesis más aceptada hoy en día?

La hipótesis nebular.

¿En qué consiste la teoría de la acreción?

El Sol ya estaba formado y atravesó una densa nube de gas y polvo interestelares. Cuando el Sol emergió de esa nube, arrastró consigo parte de esa nube.

¿En qué consiste la teoría de los protoplanetas?

Una densa nube interestelar formó un cúmulo. Se formaron estrellas y planetas. Las estrellas tenían bajas velocidades de rotación y los planetas altas velocidades de rotación. Los planetas fueron capturados por el Sol.

¿En qué consiste la teoría de la captura?

El Sol interactuó con una protoestrella cercana, absorbiendo materia de ella. El Sol tenía baja velocidad de rotación y se formó antes que los planetas.

¿En qué consiste la teoría laplaciana moderna?

En el núcleo de formación del Sol había granos de polvo. Debido al roce de esos granos, se frenó la rotación en el centro. La temperatura del Sol, aumentó y el polvo se evaporó.

¿En qué consiste la teoría de la nebulosa moderna?

Al formarse una estrella, la mayor parte de la masa se concentra en el centro. La parte externa recibe más energía y se frena menos. De esta forma, aumenta la diferencia de velocidades entre el centro y la periferia.

¿De dónde provienen el Sol y los planetas del Sistema Solar según la hipótesis nebular?

De una nube molecular gigante que se contrajo por atracción gravitatoria. También se la llama nebulosa solar o nebulosa primigenia.

¿Por qué razones puede una nube de gas y polvo sufrir una compresión extrema para formar una estrella?

Por el efecto gravitacional de otra nube de gas y polvo cercana o bien por la explosión de una estrella cercana.



¿Cómo se formó el Sistema Solar según la hipótesis nebular?

Hace 4600 millones de años, una enorme nube de gas y polvo empezó a contraerse por atracción gravitatoria. Cuando alcanzó una determinada densidad, la nube giró cada vez más rápido y adquirió forma de disco. La mayor parte de la masa se concentró en el centro, formando el Sol. En el disco hubo muchas colisiones de materia. Los cuerpos iban aumentando su masa por colisiones y por atracción gravitatoria para formar los planetesimales. A medida que crecen, estos protoplanetas van limpiando sus órbitas de cuerpos que hay en ellas, o bien los expulsan o bien los incorporan.

¿Cuáles son las etapas de formación del Sistema Solar en la teoría nebular?

- a) Supernova y nebulosa solar.
- b) Disco de acreción en rotación.
- c) Formación de planetesimales.
- d) Formación del Sol.
- e) Limpieza de la nebulosa.
- f) Los planetesimales crecen.
- g) Formación de planetas y satélites.
- h) Migración planetaria.
- i) Formación del cinturón de Kuiper y de la nube de Oort.
- j) Sistema Solar actual.

¿Qué ocurrió en la etapa de nebulosa solar?

Al principio, hubo una enorme nube molecular de gas y polvo interestelares. Probablemente, una supernova provocó el colapso gravitatorio de la nube y se formó un disco que giraba en sentido antihorario.

¿Qué ocurrió en la etapa de disco de acreción en rotación?

Debido a la conservación del momento angular, cuando un cuerpo en movimiento disminuye su tamaño, gira a mayor velocidad. Se formó un disco que giraba a gran velocidad.

¿Qué es el disco de acreción o crecimiento?

Es una estructura en forma de anillo. Es una concentración de gas, polvo y hielo en forma de disco que se forma en torno a un centro de gravedad masivo. Rodea a algunas estrellas que se están formando. El conjunto está girando y la materia del disco pierde velocidad y tiende a caer al centro, que gira a mayor velocidad. También se llama disco circunestelar.

¿Qué ocurre en los discos que hay alrededor de estrellas jóvenes?

Se cree que dan origen a sistemas planetarios como el nuestro.

¿Qué ocurrió en la etapa de formación de planetesimales?

En el disco de acreción, los cuerpos rocosos colisionaron y formaron objetos más grandes.

¿Qué ocurrió en la etapa de formación del Sol?

La temperatura y la presión en el centro eran enormes y provocaron la fusión del hidrógeno. Así nació el Sol.

¿Qué ocurrió en la etapa de limpieza de la nebulosa?

Se evaporó el disco de acreción, los vientos estelares despejaron los restos de la nebulosa original.

¿Qué ocurrió en la etapa de crecimiento de los planetesimales?

Los planetesimales continuaron creciendo por atracción gravitatoria y por colisión.

¿Qué ocurrió en la etapa de formación de planetas y satélites?

Los planetas se formaron a partir de algunos planetesimales. Otros planetesimales se convirtieron en anillos, asteroides, etc.

¿Qué ocurrió en la etapa de migración planetaria?

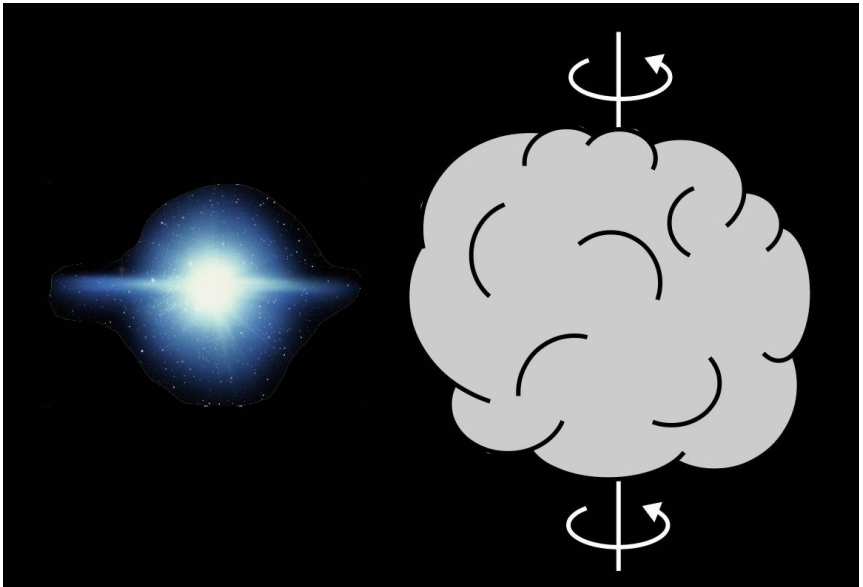
Un cambio en la distribución de los planetas del Sistema Solar. Una interacción entre Júpiter y Saturno provocó que Urano y Neptuno emigraran hacia afuera. Júpiter migró hacia dentro, empujando a todos los planetas interiores. Neptuno migró hacia afuera, empujando a Plutón. Urano y Neptuno intercambiaron sus órbitas.

¿Qué ocurrió en la etapa de formación del cinturón de Kuiper y de la nube de Oort?

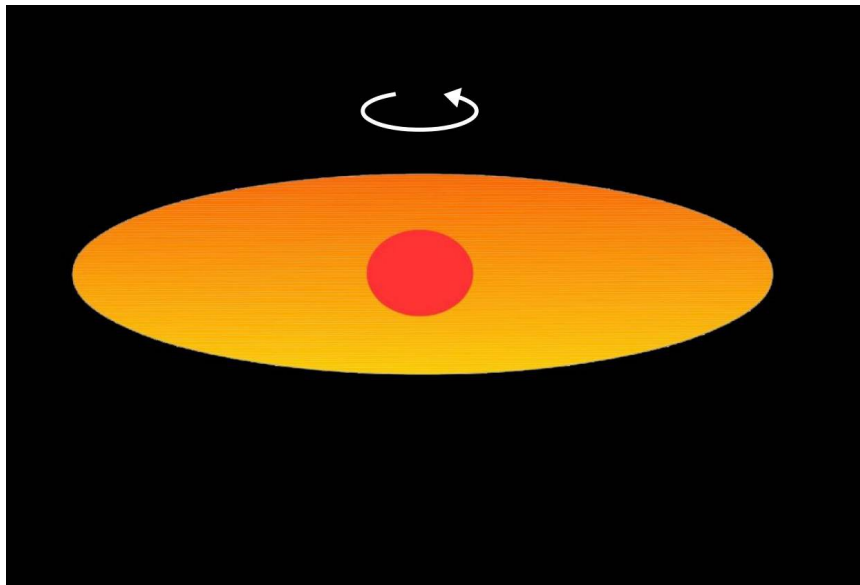
La migración planetaria provocó la dispersión de material en todas direcciones. Algunos fragmentos provocaron el bombardeo intenso de los planetas interiores y otros fragmentos originaron al cinturón de Kuiper y a la nube de Oort.

¿Qué ocurrió en la etapa de formación del Sistema Solar actual?

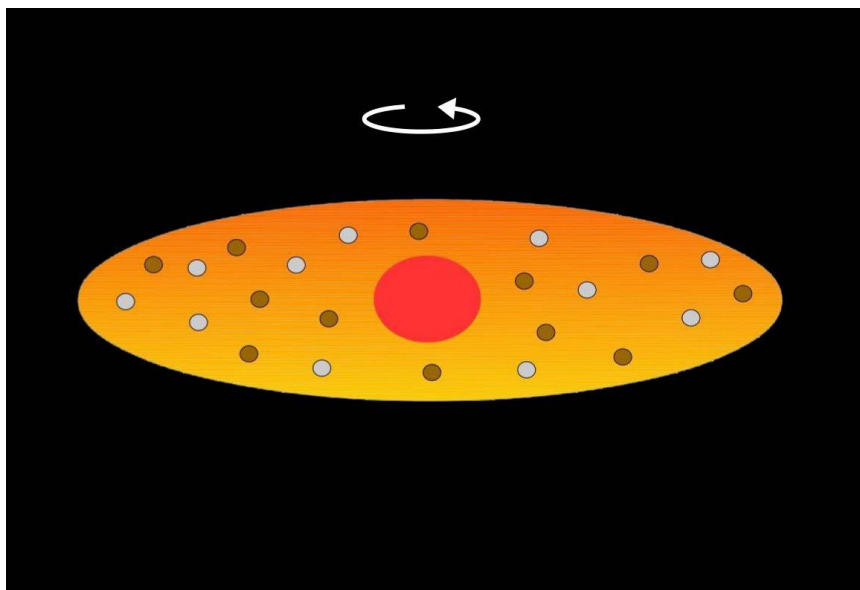
El sistema se estabilizó y permaneció así hasta nuestros días.



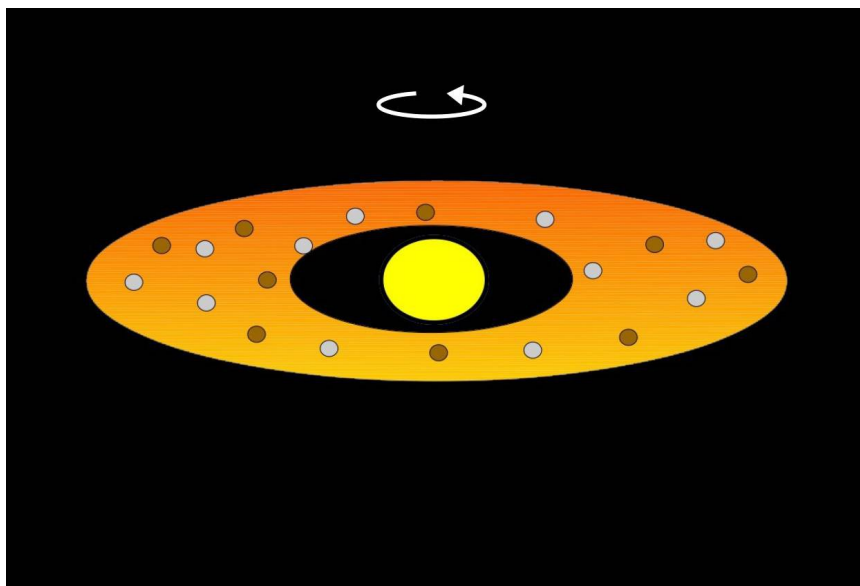
Supernova y nebulosa solar



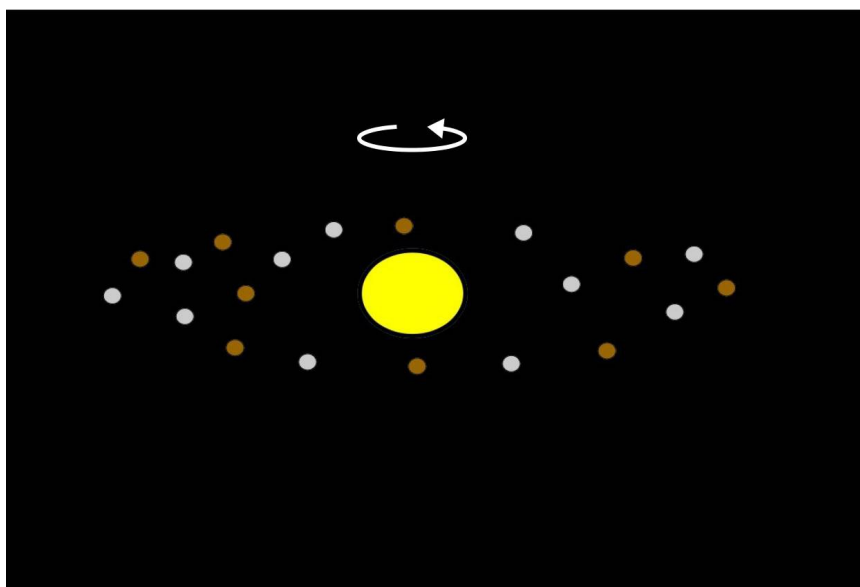
Disco de acreción en rotación



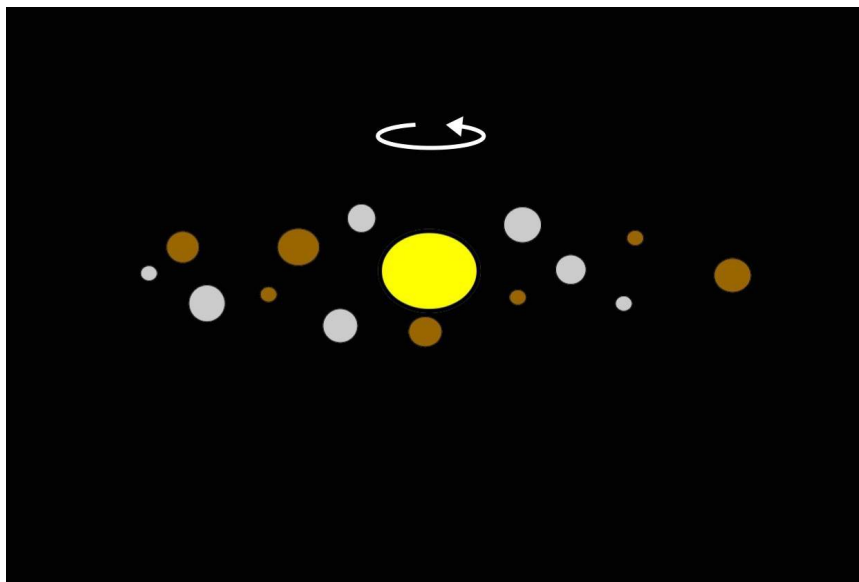
Formación de planetesimales



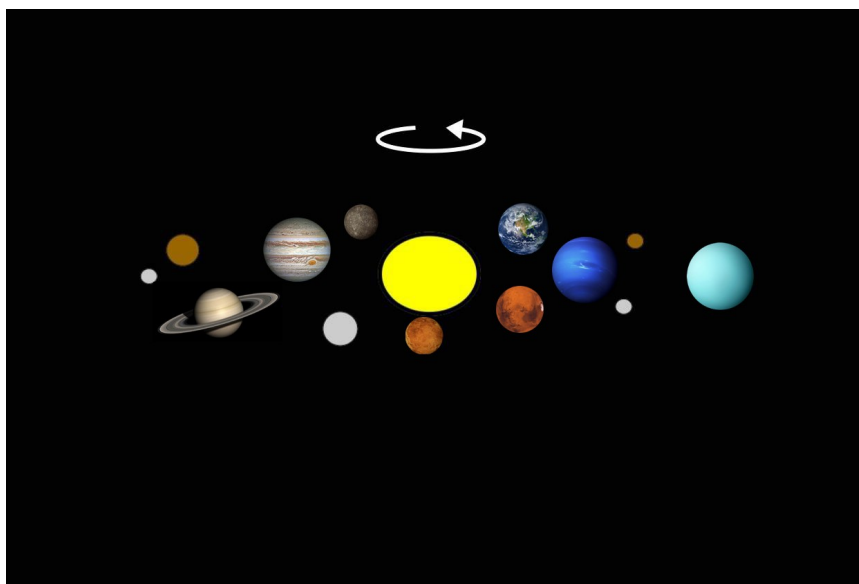
Formación del sol



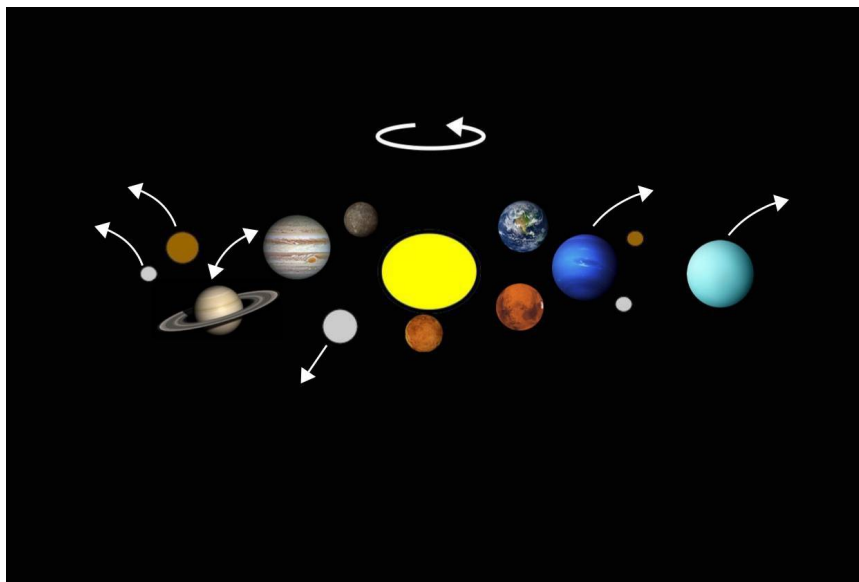
Limpieza de la nebulosa



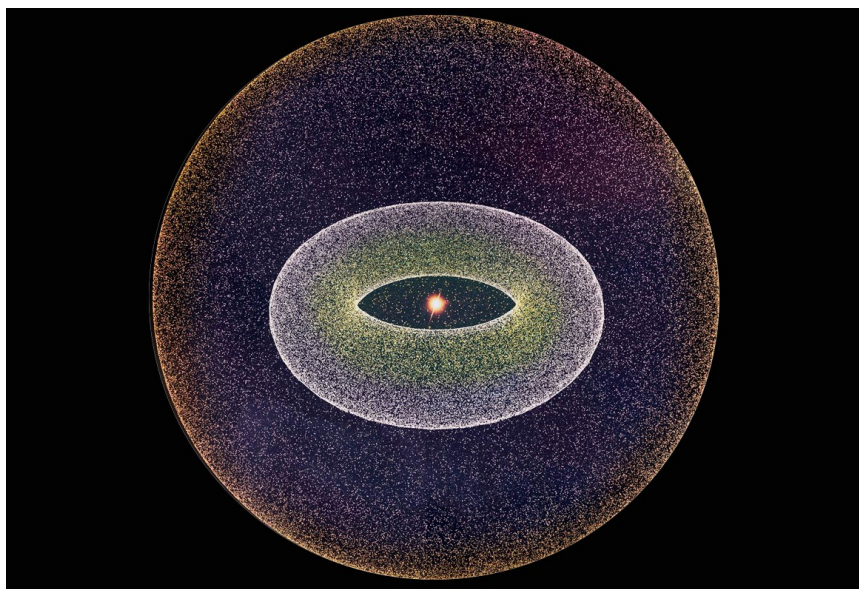
Los planetesimales crecen



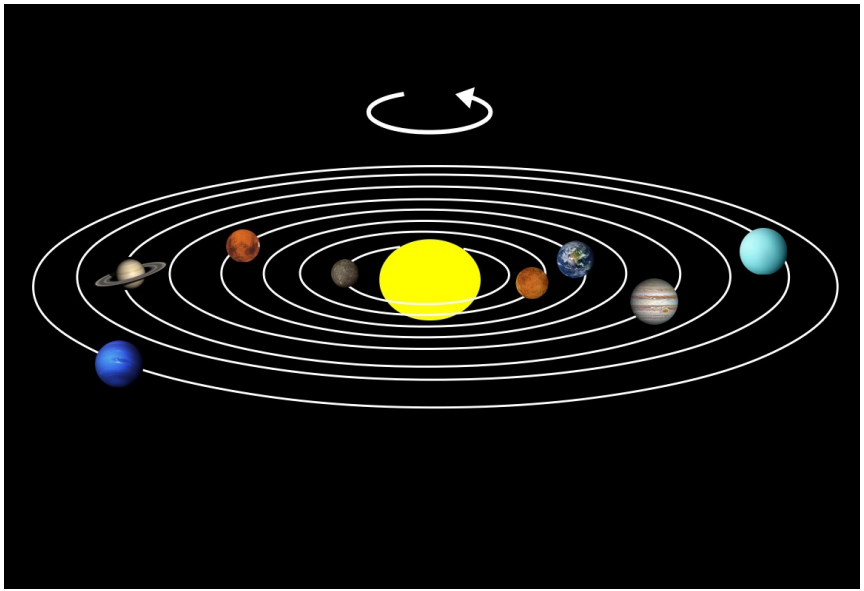
Formación de planetas y satélites



Migración planetaria



Formación del cinturón de Kuiper y de la nube de Oort



Sistema Solar actual

¿Qué es la acreción o acrecimiento?

Es el crecimiento de un cuerpo por agregación de cuerpos menores.

¿Qué es la línea de hielo o línea de congelación?

Dentro de la nebulosa solar, es la distancia hasta el centro del protosol a partir de la cual la temperatura es muy baja y el agua, el amoníaco y el metano se congelan.

¿Por qué es importante esta línea de nieve o de congelamiento?

Porque separó a los planetas terrestres de los planetas gaseosos.

¿Por qué algunos planetas son rocosos y otros gaseosos?

Porque los planetesimales que se formaron a una distancia mayor de 5 UA, al estar lejos del Sol, pudieron conservar sustancias volátiles debido a las bajas temperaturas. Estas sustancias eran agua, metano, amoníaco y dióxido de carbono. El tamaño alcanzado les permitió atrapar hidrógeno y helio de la nebulosa protosolar.



¿Cómo se formaron los satélites?

- a) Por la misma nube inicial de gas y polvo para los planetas gaseosos gigantes.
- b) Capturados por la gravedad del planeta.
- c) Por colisiones en planetas de menor tamaño. Ejemplo: la Tierra y la Luna.
- d) Por captura de cuerpos menores. Ejemplo: los satélites de Marte.

¿Por qué los anillos de Saturno no han formado otro satélite?

Porque las grandes fuerzas gravitacionales del planeta no han dejado que los fragmentos se unan.

¿Cómo se forman los asteroides?

La mayoría se forma por agregación de polvo y trozos de roca por atracción gravitatoria. Otros se forman por colisiones de rocas entre sí o de rocas con planetas. Se formaron en la nebulosa protosolar junto con el resto del Sistema Solar. Son restos de planetesimales que no han contribuido a la formación de planetas.

¿Por qué los asteroides del cinturón de asteroides no dieron lugar a un planeta?

Porque las perturbaciones gravitacionales de Júpiter hicieron que estos fragmentos colisionaran entre sí a grandes velocidades y no se agruparon.

¿Qué es el gran bombardeo o bombardeo intenso tardío?

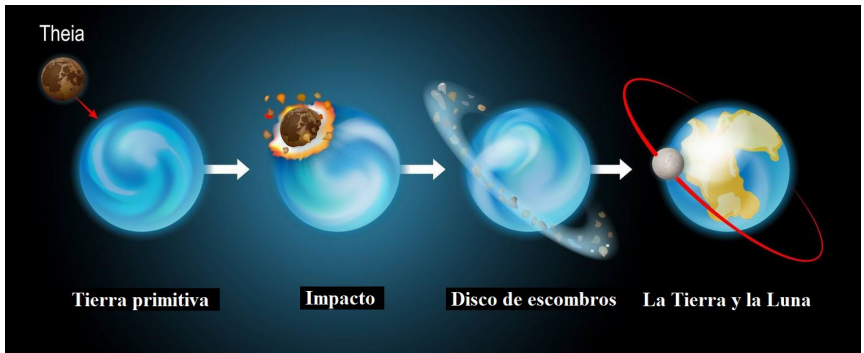
Una época que duró 100 millones de años, en la que los asteroides eran muy numerosos y chocaban con frecuencia con las superficies de los planetas, provocando cráteres de impacto.

¿Cuál es la edad de nuestro Sol?

Tiene 4.600 millones de años, igual que todo el Sistema Solar.

¿Cómo se formó la Luna?

Probablemente, por la colisión de la Tierra con un protoplaneta cuando se estaba formando el Sistema Solar. Los trozos se unieron por atracción gravitatoria y formaron la Luna.



### Formación de la Luna

¿Qué consecuencias trajo la colisión de un asteroide gigante con la Tierra cuando se estaba formando el Sistema Solar?

- a) La formación de la Luna.
- b) La inclinación del eje de rotación terrestre, lo cual trajo las estaciones.
- c) La disminución de la velocidad de rotación.
- d) El aumento del período de rotación: pasó de 4 horas a 24 horas.

¿Qué es el bombardeo intenso tardío?

Es un periodo entre 3800 y 4100 millones de años en el que la Luna y planetas como Mercurio recibieron un intenso bombardeo de asteroides. Por ello, las superficies de estos cuerpos celestes están plagadas de cráteres.

¿Qué es un planetesimal?

Es un cuerpo precursor a un planeta, formado por la condensación de gas y polvo. Tiene cierto tamaño y está presente en los discos circunestelares. Va incorporando material de otros objetos cercanos por gravedad.

¿En cuánto tiempo un planetesimal se puede transformar en planeta?

En el transcurso de millones de años.

¿Cómo se forma un planeta?

A partir de gas y polvo se forman los planetesimales. Cuando estos alcanzan un tamaño aproximado de un kilómetro, se atraen entre sí y forman los protoplanetas.

¿Qué es aglutinar?

Es unir varios cuerpos para formar uno mayor. Ejemplo: el polvo se aglutina y forma rocas, las rocas se aglutinan y forman planetesimales, los planetesimales se aglutinan y forman protoplanetas o planetas.

¿Qué es el límite de Roche?

Es la región alrededor de un cuerpo celeste en la que no puede haber ningún otro cuerpo sin ser disgregado en trozos por las intensas fuerzas de marea del cuerpo celeste principal. Cualquier satélite natural se encuentra fuera del límite de Roche.

¿Qué son las fuerzas de marea?

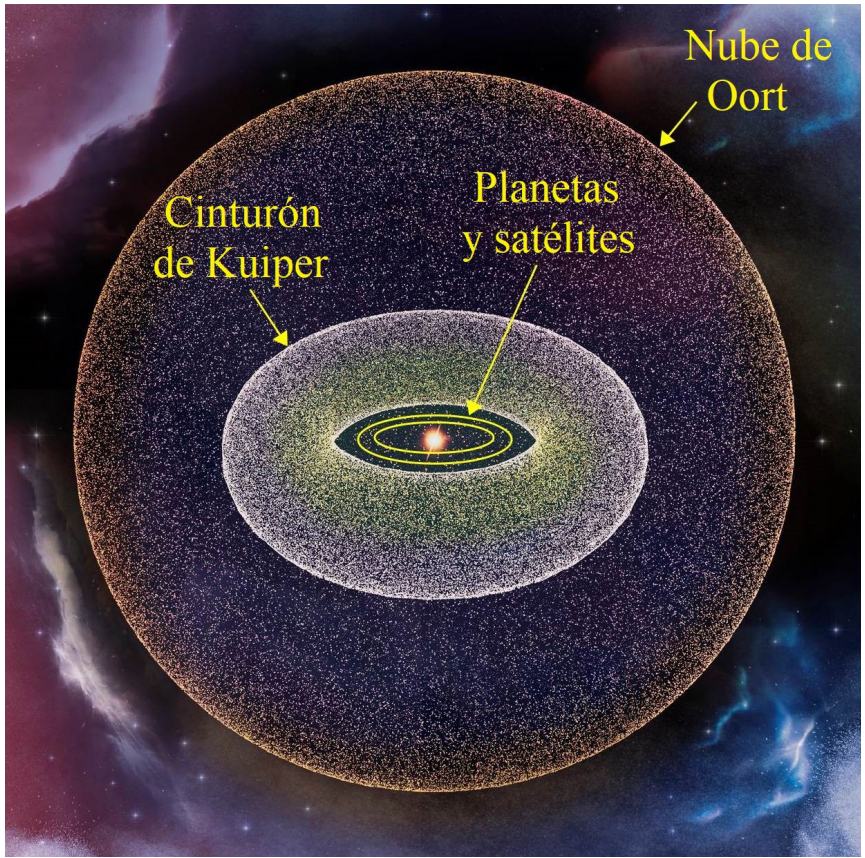
Es la diferencia entre las fuerzas gravitacionales ejercidas en el extremo cercano y en el extremo lejano de un cuerpo celeste que orbita respecto a otro. Los extremos cercano y lejano están situados en una línea que une al satélite con respecto al astro principal. Estas fuerzas pueden producir deformación o rotura.

¿Cuál es el origen de la nube de Oort?

Objetos eyectados debido a las migraciones planetarias.

¿Cuál es el origen del cinturón de Kuiper?

Es el remanente del disco de acreción. Son planetesimales y asteroides que no han sufrido una acreción suficiente para constituir cuerpos más grandes.



Cinturón de Kuiper y nube de Oort

¿Cómo se forman las estrellas?

Las estrellas nacen a partir de las nebulosas: los gases y el polvo se van agrupando por atracción gravitatoria. La temperatura va subiendo por la concentración gravitatoria. Cuando la temperatura central de la protoestrella alcanza varios millones de grados, se experimenta bruscamente la reacción de fusión nuclear del hidrógeno y la estrella empieza a brillar, a emitir energía.

¿Por qué aumenta la temperatura de la protoestrella desde el punto de vista energético?

Porque la energía potencial se convierte en energía térmica y el gas se calienta.

¿Cuáles son las dos principales fuerzas que actúan sobre una estrella?

La gravitatoria y la nuclear.

¿Qué hace la fuerza gravitatoria en una estrella?

Tiende a comprimir la estrella y a conducirla al colapso gravitatorio.

¿Qué quiere decir que una estrella se encuentra en equilibrio hidrostático?

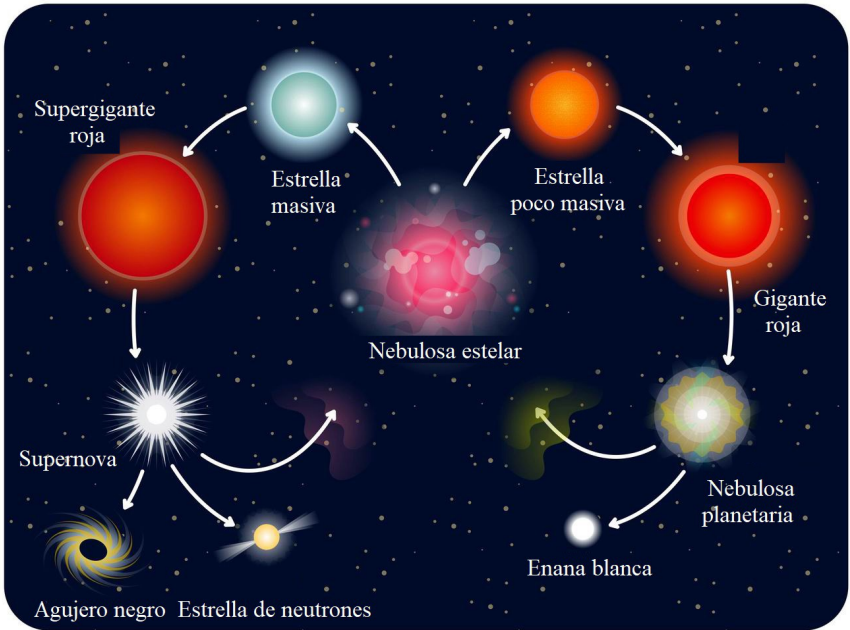
Que se ha alcanzado un equilibrio entre la fuerza de la gravedad y la presión generada por las reacciones nucleares. Esto da estabilidad a la estrella.

¿Qué es el colapso gravitacional o gravitatorio?

Es la contracción de un cuerpo celeste hacia el centro debida a su propia gravedad. Es el mecanismo fundamental de formación de una estrella. La compresión causada por el colapso provoca una reacción termonuclear y nace una estrella.

¿A qué da lugar el colapso gravitatorio?

Si la estrella es poco masiva, da lugar a una enana blanca. Si es muy masiva, da lugar a un agujero negro.



Ciclo vital completo de las estrellas

¿Qué hace la fuerza nuclear en una estrella?

Tiende a expandir la estrella gracias a la presión térmica ocasionada por las reacciones nucleares.

¿Qué ocurre en los procesos termonucleares de las estrellas?

El hidrógeno se transforma en helio. En esta transformación hay un defecto de masa que se transforma en energía según la famosa ecuación de Einstein:  $E = m \cdot c^2$ .

¿Qué es una protoestrella?

Es un estado en la evolución de una estrella intermedio entre la nube de gas y polvo y el principio de la secuencia principal.

¿Qué es la evolución estelar?

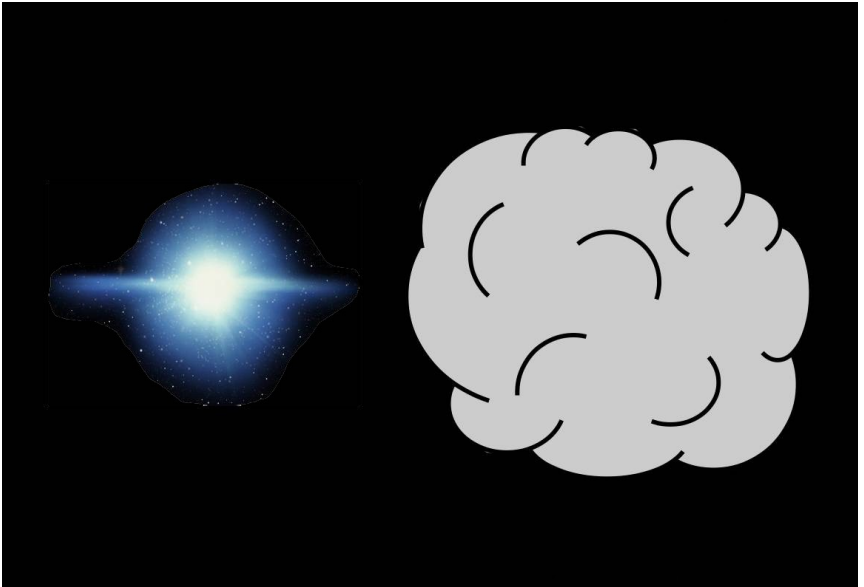
Es el proceso por el que una estrella cambia su aspecto exterior y su estructura interna a medida que pasa el tiempo.

¿Cuál es la evolución normal de una estrella?

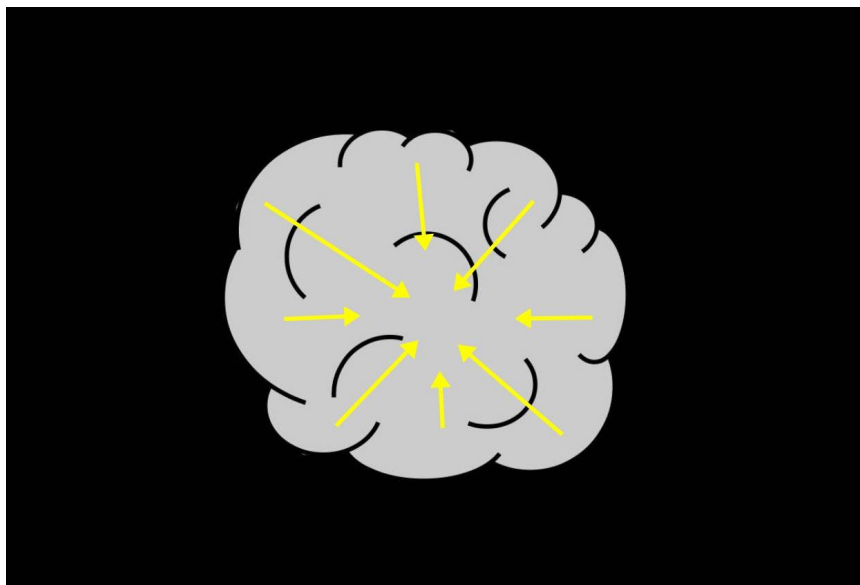
Las estrellas nacen, queman combustible durante su vida y mueren.

¿Cuáles son las etapas de la formación estelar?

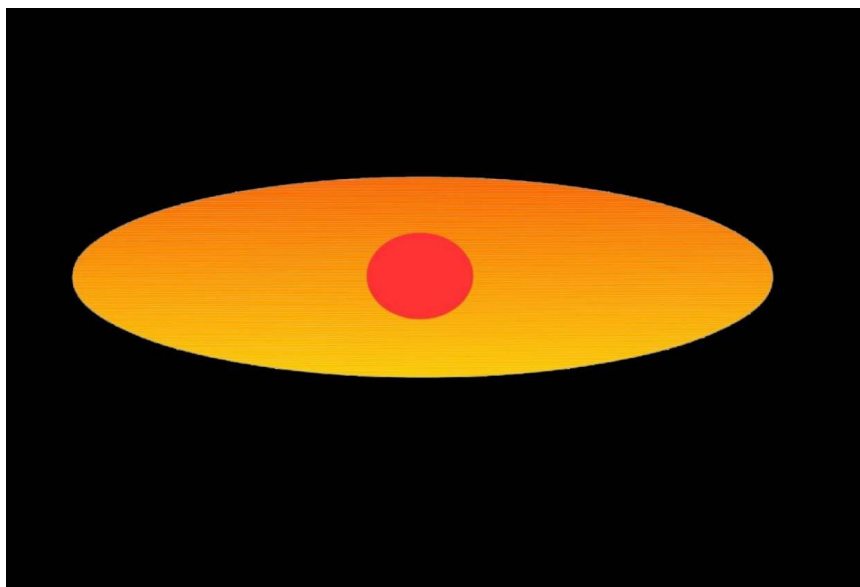
- a) Colapso isotérmico.
- b) Formación del primer núcleo.
- c) Colapso del primer núcleo.
- d) Acreción principal.
- e) Presecuencia principal.
- f) T-Tauri.



Nube molecular

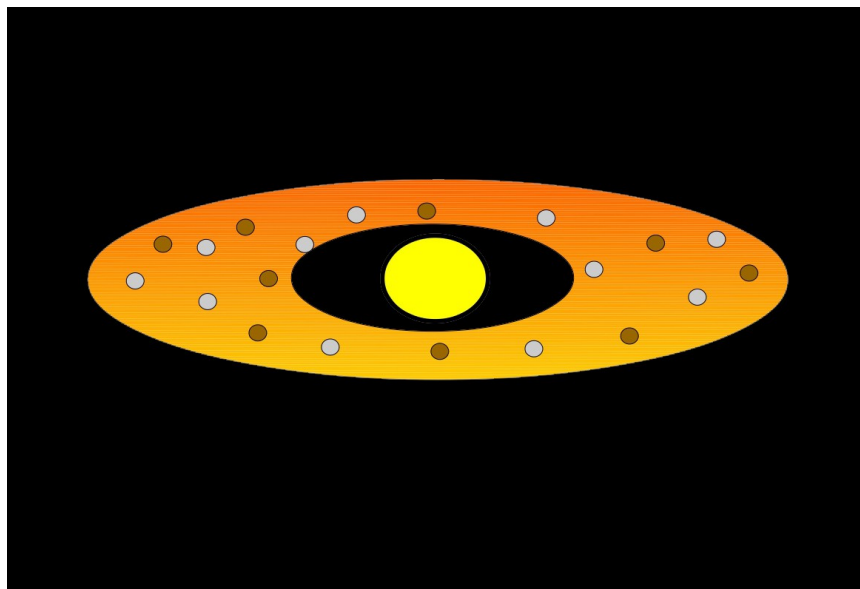


Colapso



Protoestrella





Comienza la fusión

¿En qué consiste el colapso isotérmico?

En que la nube se contrae lentamente a temperatura constante. La energía producida en la radiación es fácilmente radiada, pues el núcleo es transparente.

¿En qué consiste la formación del primer núcleo?

En que la densidad del núcleo aumenta de manera isotérmica. La materia se vuelve opaca y dificulta la salida de la radiación. Aumentan la temperatura y la presión y se detiene el colapso del núcleo central. Las capas externas al núcleo se siguen colapsando sobre este.

¿En qué consiste el colapso del primer núcleo?

Cuando la temperatura llega a 2000 K, el dihidrógeno se disocia. Como este proceso es endotérmico, el núcleo se enfría y el núcleo colapsa. Se forma un nuevo núcleo en el interior del anterior, con mayores temperatura y presión. Este nuevo núcleo es la protoestrella.

¿En qué consiste la acreción principal?

Las capas exteriores sufren una contracción en caída libre. La energía potencial inicial se transforma en energía cinética y en radiación absorbida por el polvo, que la reemite al exterior en el rango del infrarrojo.

¿En qué consiste la presecuencia principal?

El núcleo se hace visible. La luminosidad proviene de la contracción del núcleo. La mitad de la energía se usa para aumentar la energía cinética y la otra mitad se irradia. La temperatura alcanzada permite la fusión del deuterio. El polvo que no precipitó forma un disco achatado que gira alrededor de la protoestrella. Ese disco puede originar un sistema planetario.

¿En qué consiste la T-Tauri?

La protoestrella tiene fuertes vientos estelares. Emite chorros de materia en dirección perpendicular al plano del disco planetario. La protoestrella continúa colapsándose. Se alcanza una temperatura a la que empiezan la fusión nuclear del hidrógeno. Se alcanza el equilibrio hidrostático y la estrella inicia su permanencia en la secuencia principal.

¿Cuáles son los cuatro aspectos importantes en el funcionamiento de una estrella?

- a) La continuidad de masa.
- b) El equilibrio hidrostático.
- c) El equilibrio térmico.
- d) El transporte de energía.

¿En qué consiste la continuidad de masa de una estrella?

En que la distribución de masa es continua para un mismo radio. La densidad sólo cambia de forma radial.

¿En qué consiste el equilibrio hidrostático de una estrella?

En que existen dos fuerzas de igual magnitud y de sentido contrario que se anulan: hacia dentro está la fuerza de la gravedad y hacia fuera está la fuerza de expansión que ejercen las reacciones nucleares del núcleo.

¿En qué consiste el equilibrio térmico de una estrella?

En que la energía producida en el núcleo es igual a la suma de la energía transportada a la superficie más la energía irradiada en la superficie de la estrella.

¿En qué consiste el transporte de energía de una estrella?

La energía del núcleo se transporta hasta la superficie de la estrella mediante dos mecanismos de transmisión de calor: la convección y la radiación.

¿En qué consiste el mecanismo de radiación?

En el movimiento libre de fotones, de decir, en el transporte de energía mediante ondas electromagnéticas.

¿En qué consiste el mecanismo de convección?

En el transporte de energía gracias a las diferencias de densidad provocadas por diferencias de temperatura en un fluido.

¿Cómo puede una estrella emitir luz?

Mediante un proceso que ocurre en los átomos de la estrella llamado fusión nuclear. Dos átomos de hidrógeno se unen para formar un átomo de helio. En este proceso se emite mucha luz y energía.

¿Por qué la información que nos llega de las estrellas es antigua?

Porque obtenemos información sobre ellas a partir de la luz que nos llega de ellas y esa luz ha tardado al menos 4'24 años en llegar a nosotros, que es la distancia a la que está la estrella más cercana.

¿De qué depende el destino final de una estrella?

Depende de su masa inicial y de su composición inicial.

¿Cuál es el destino final de una estrella?

En la etapa final de su vida, la estrella se convierte en una gigante roja. Dependiendo de su masa inicial, la gigante roja se puede convertir en un agujero negro, en una estrella de neutrones o en una enana blanca.

¿De qué depende el que se convierta en un cuerpo celeste u otro?

De su masa inicial. Si es menor que ocho veces la masa de nuestro Sol, se convierte en una gigante roja y después en una enana blanca. Si es mayor que ocho veces la masa de nuestro Sol, se convierte en una supergigante roja; después de una explosión de supernova, se convierte en enana blanca, agujero negro o estrella de neutrones.

¿Cuál es la evolución de una estrella poco masiva?

Llega un momento en que la estrella se queda sin hidrógeno, su combustible nuclear. La gravedad comprime el núcleo y lo calienta, lo que hace que se expandan las capas externas de la estrella. La estrella se estabiliza temporalmente como una gigante roja. Las capas externas de la estrella se van dispersando en el espacio. El núcleo de la vieja estrella y su corteza forman una nebulosa planetaria. La corteza se dispersa y el núcleo se convierte en una superdensa enana blanca. Ésta no tiene combustible y se transforma en un rescoldo negro (una enana negra).



Evolución de una estrella poco masiva

¿Cuál es la evolución de una estrella muy masiva?

Cuando se acaba el hidrógeno, el núcleo colapsa y la estrella crece hasta convertirse en una supergigante. La intensa presión provoca la fusión del helio en el núcleo y la formación de carbono. El proceso se repite hasta que la estrella tiene un núcleo de hierro. Mediante la explosión de una supernova, ocurre la fusión del núcleo de hierro. El núcleo se convierte en una superdensa y diminuta estrella de neutrones, de sólo 15 kilómetros de diámetro. Al final, puede transformarse en un agujero negro.

¿Qué ocurre en una estrella muy masiva?

El núcleo de carbono y oxígeno se colapsa, se calienta y ocurren otras reacciones nucleares en las que se obtiene fundamentalmente neón. Al final, la estrella tendrá un núcleo de hierro-níquel, rodeado por capas de elementos más ligeros. La capa exterior es de hidrógeno.

¿Qué elementos sucesivos se obtienen por diversas reacciones nucleares en las estrellas masivas?

Por orden: hidrógeno, helio, carbono, neón, oxígeno y silicio.



Evolución de una estrella muy masiva

¿Qué es la masa de Oppenheimer-Volkoff?

Es el valor de la masa a partir del cual una estrella se convierte en estrella de neutrones o en agujero negro. Este límite es de 5'7 masas solares.

¿Cómo se puede determinar la edad de una estrella?  
Midiendo su luminosidad y su temperatura.

¿Qué es la secuencia principal?

Es el estado de la evolución de una estrella en el que se mantiene una reacción nuclear estable a base de quemar hidrógeno.

¿Cuánto tiempo permanece una estrella en la secuencia principal, es decir, quemando hidrógeno?

Entre millones de años y cientos de miles de millones de años.

¿Qué estrellas permanecen más tiempo en la secuencia principal?

Las más pequeñas, como las enanas rojas. Aunque tienen menos hidrógeno, lo queman más lentamente.

¿Qué estrellas permanecen menos tiempo en la secuencia principal?

Las más masivas, como las gigantes azules. Aunque tienen más hidrógeno, lo queman más rápidamente.

¿Qué es el diagrama de Hertzsprung-Russell?

Es una representación de la luminosidad de las estrellas frente a la temperatura superficial. El 90 % de las estrellas están en la secuencia principal y el 10 % son gigantes, supergigantes, enanas o subenanas.

¿Dónde está la secuencia principal en el diagrama de Hertzsprung-Russell?

En la diagonal que va desde arriba a la izquierda hasta abajo a la derecha.

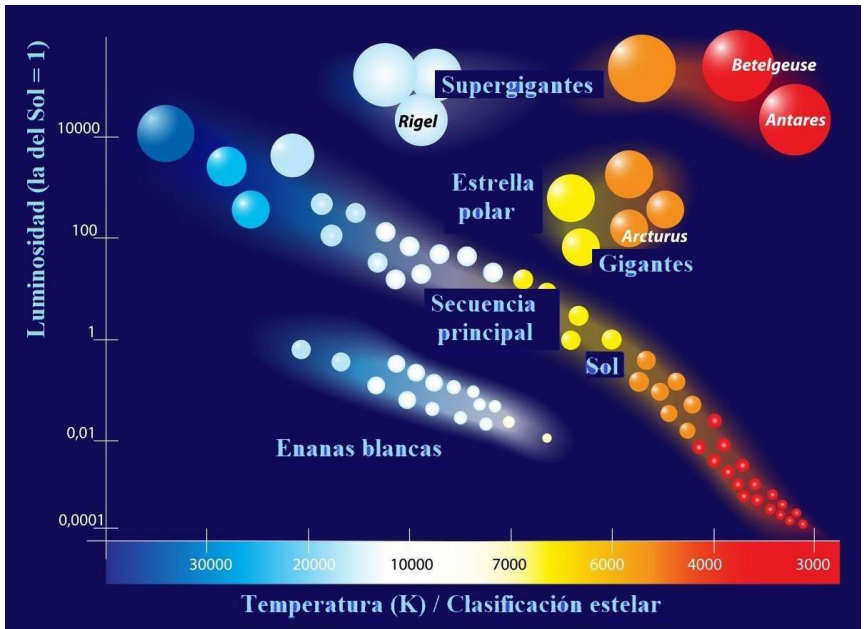


Diagrama de Hertzsprung-Russell

¿Qué pasa con las estrellas de la secuencia principal?

Que con el tiempo salen de la secuencia principal transformándose en otro tipo de estrellas, dependiendo de su masa.

¿Qué tipo de estrellas permanecen más tiempo en la secuencia principal?

Las estrellas menos masivas.

¿Es cíclico el proceso de formación y muerte de las estrellas?

En la mayoría de los casos, sí. Los restos de una estrella sirven como material para la formación de una nueva. Esto no incluye a las enanas marrones, que no evolucionan.

¿Qué vive más tiempo: las estrellas pequeñas o las estrellas grandes?

Las pequeñas. Aunque las grandes tienen más combustible nuclear, lo queman más rápidamente y se agotan antes.

¿Por qué las estrellas grandes quemar el combustible más rápido que las pequeñas?

Porque, al tener mayor masa, la fuerza gravitatoria es mucho mayor. Recordemos que en las estrellas hay un equilibrio entre la gravedad y las reacciones nucleares. La primera tira hacia dentro y la segunda hacia afuera.

¿Qué es el origen de los elementos?

Es el proceso de formación de los elementos químicos del universo. Después del Big Bang, se crearon el hidrógeno y el helio, que constituyen los dos elementos más abundantes en el universo. Después, en un proceso de muchos años, se han ido formando elementos más pesados por reacciones nucleares.

¿Qué es la nucleosíntesis?

Es la transformación de unos elementos químicos en otros mediante reacciones nucleares. Los elementos químicos pesados se obtienen a partir de hidrógeno y helio.

¿Dónde ocurre la nucleosíntesis?

Ocurre en el interior de las estrellas y en las explosiones de supernovas.

¿Qué tipos de reacciones nucleares ocurren en las estrellas?

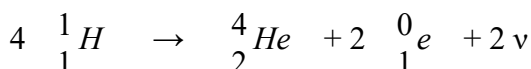
- a) El ciclo protón-protón.
- b) El proceso CNO.
- c) El proceso triple alfa.

¿Qué procesos de fusión nuclear predominan en las estrellas?

En las estrellas poco masivas, predomina el ciclo protón-protón. En las estrellas más masivas, predomina el proceso CNO.

¿Qué es el ciclo protón-protón?

Es el proceso nuclear más importante que ocurre en nuestro Sol y el principal responsable de su emisión energética. En él, cuatro átomos de hidrógeno se transforman en un átomo de helio, acompañados de dos positrones y dos neutrinos:



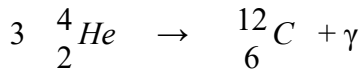


¿Qué es el ciclo CNO o ciclo de Bethe?

Es uno de los dos procesos de fusión nuclear por los que una estrella convierte hidrógeno en helio. Intervienen los elementos carbono, nitrógeno y oxígeno. La reacción global es la misma que la del ciclo protón-protón pero, en el ciclo CNO, el carbono, el nitrógeno y el oxígeno actúan de catalizadores.

¿Qué es el proceso triple alfa?

Es el proceso nuclear por el que tres partículas alfa (tres núcleos de  ${}^4_2\text{He}$ ) se convierten en un núcleo de carbono y se libera radiación gamma. Ocurre en estrellas viejas.



¿Qué es el flash de helio?

Es la fusión del helio en una estrella para dar carbono. Se produce cuando se agota el combustible de hidrógeno.

¿Cómo se puede estudiar la evolución de los cuerpos celestes en el Universo?

Mediante modelos teóricos, mediante simulaciones numéricas o mediante métodos mixtos.

¿En qué consisten los modelos teóricos?

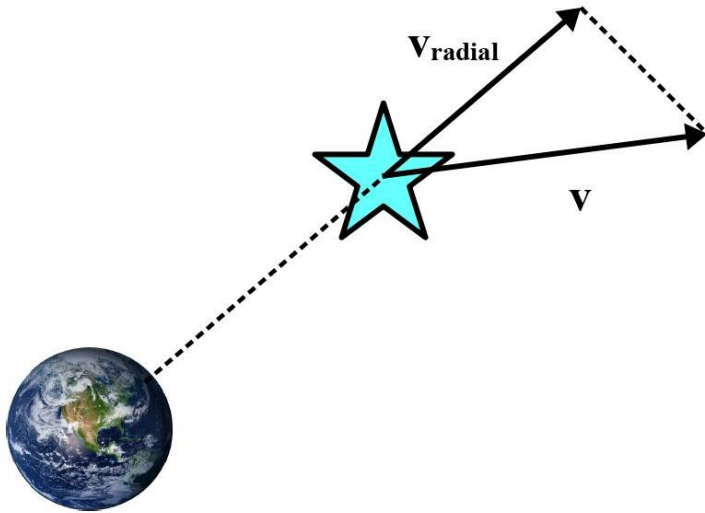
En utilizar ecuaciones matemáticas que describen el comportamiento del Universo a lo largo de su evolución.

¿En qué consisten las simulaciones numéricas?

En introducir en un ordenador unas condiciones iniciales del cuerpo celeste y aplicarle un programa que haga numerosos cálculos sobre su evolución.

¿Qué es la velocidad radial?

Es la componente de la velocidad de un cuerpo celeste en la dirección del observador. Es la responsable del corrimiento hacia el rojo o hacia el azul.



Velocidad radial

¿Qué es la ley de Hubble?

Es una fórmula que establece que cuanto más desplazada está una galaxia hacia el rojo, mayor es la distancia a la que se encuentra.

¿Qué es la constante de Hubble?

Es un número que indica la velocidad de expansión del Universo actual. La velocidad de alejamiento de un objeto celeste por la expansión del Universo se obtiene así:  $v = H \cdot d$ , siendo  $d$  la distancia del cuerpo a la Tierra.

¿Qué significado conceptual tiene la constante de Hubble?

Da una medida de la rapidez de expansión del Universo y da la posibilidad de calcular la edad del Universo.

¿En qué consiste el método de la ley de Hubble y para qué se utiliza?

Se utiliza para objetos muy lejanos. Consiste en utilizar la fórmula de Hubble:  $v = d \cdot H_0$ , es decir:

velocidad = distancia · constante de Hubble.

¿Qué descubrió Hubble en cuanto a la velocidad de los cuerpos celestes?

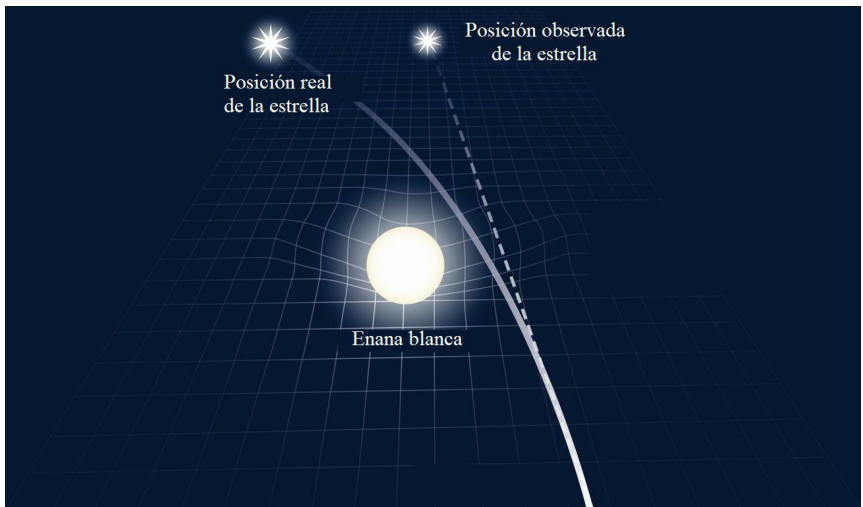
Que cuanto más alejados estaban de nosotros, más rápido se movían.

¿Qué es la teoría de la relatividad?

Es una teoría formulada por Albert Einstein y que intenta explicar la relación entre estas magnitudes a gran escala: masa, espacio, tiempo y velocidad.

¿Qué grandes enunciados establece la teoría de la relatividad?

- a) La velocidad de la luz es la velocidad máxima posible.
- b) La longitud de un cuerpo depende del sistema de referencia.
- c) El concepto de simultaneidad depende del sistema de referencia.
- d) La masa se puede convertir en energía y viceversa.
- e) La relación entre ambas es:  $E = m \cdot c^2$
- f) La masa de los cuerpos celestes deforma el espacio y lo curva. De esta forma, los objetos muy masivos curvan la trayectoria de la luz.



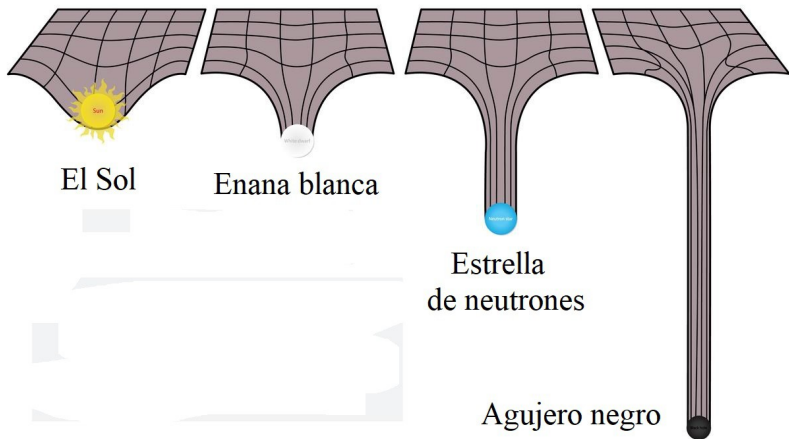
#### Desviación de la luz

¿Qué ocurre cuando la luz de un cuerpo celeste pasa cerca de un cuerpo masivo?

La gravedad del objeto masivo dobla el tejido del espacio-tiempo. La luz sigue el contorno del espacio-tiempo.

¿Por qué se dobla el espacio-tiempo?

Porque un objeto masivo genera un campo gravitatorio muy masivo que es capaz de doblarlo.



Distorsión del espacio-tiempo provocada por un objeto muy masivo

¿Qué quiere decir que el espacio es curvo?

Según la teoría de la relatividad de Einstein, la materia y la energía influyen en el espacio y en el tiempo, produciendo una especie de curvatura que afecta a los cuerpos, es decir, la gravedad puede doblar al espacio. Esa curvatura está relacionada con la gravedad.

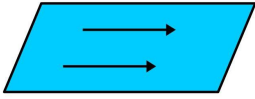
¿Cómo afecta esto a dos líneas paralelas?

En el espacio plano, las líneas paralelas son siempre paralelas; en el espacio curvo positivo, se acercan y en el espacio curvo negativo, se alejan.

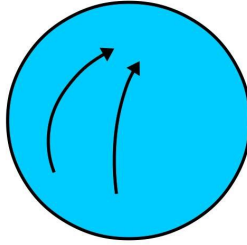
¿Por qué el espacio puede tener tres formas?

Depende del valor de la densidad crítica:

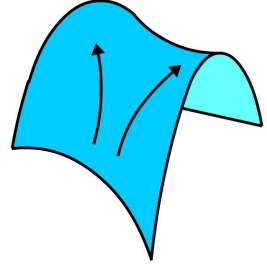
- Plano: la densidad del Universo iguala a la densidad crítica.
- Curvatura positiva: la densidad del Universo es mayor que la densidad crítica.
- Curvatura negativa: la densidad del Universo es menor que la densidad crítica.



Espacio plano



Espacio curvo positivo



Espacio curvo negativo

¿Cómo sería el Universo plano?

Sería finito y cerrado.

¿Cómo sería el Universo con forma de esfera?

Sería finito y cerrado.

¿Cómo sería el Universo con forma de silla de montar?

Sería abierto e infinito.

¿Qué es la densidad crítica?

Es un valor constante de la densidad que determina el futuro del Universo. Es la densidad que debería tener el Universo para que se frenase para un tiempo infinito. El Universo estaría siempre en expansión pero la velocidad de expansión sería cada vez más pequeña y se detendría la expansión en el infinito.

¿Qué es el parámetro  $\Omega$ ?

Es el cociente entre la densidad del universo y la densidad crítica:

$$\Omega = \frac{\text{densidad del Universo}}{\text{densidad crítica}}$$

¿De qué depende el futuro del Universo?

Del valor de la densidad media del Universo y de la evolución de la energía oscura.

¿Qué es la materia oscura?

Un tipo de materia aún no descubierto y que parece componer el 73 % del universo.

¿Por qué es tan importante?

Porque es necesaria para explicar fenómenos como la traslación de las galaxias, la rotación de las galaxias, los cúmulos de galaxias y la radiación de fondo de microondas.

¿Qué ocurre con la materia a medida que progresa la expansión del Universo?

La densidad media del Universo disminuye.

¿Cómo puede obtenerse la densidad de la materia oscura?

Por el efecto de lente gravitacional en la radiación de fondo de microondas.

¿De qué formas se está buscando materia oscura?

La materia oscura colisiona con más materia oscura y da lugar a otras partículas: neutrinos, fotones o antimateria.

¿Qué es la energía oscura?

Es una energía presente en el espacio y que es responsable de una fuerza gravitacional repulsiva en el espacio, es decir, es la responsable de que el Universo se expanda.

¿De qué es responsable la energía oscura?

De la aceleración de la expansión del Universo.

¿De qué depende el destino del Universo?

De la evolución de la energía oscura. Hay varios escenarios posibles:

- a) Big Freeze (Gran Congelación): si la energía oscura permanece constante.
- b) Big Crunch (Gran Contracción, Gran Colapso o Gran Implosión): si la energía oscura desaparece.
- c) Big Rip (Gran Desgarro): si la energía oscura aumenta.

¿En qué consiste el Big Freeze?

El Universo seguiría expandiéndose. Las estrellas se apagarían y el Universo se volvería oscuro. Es la muerte térmica del Universo, un estado de máxima entropía.

¿En qué consiste el Big Crunch?

La fuerza de gravedad es grande y podría llegar a pararse la expansión. Después de pararse, las galaxias seguirían atrayéndose y comenzaría la contracción del Universo hasta llegar a concentrarse toda la materia del Universo en un solo punto, como en su origen. Es decir, la expansión se detendrá, las galaxias se pararán y comenzará la gran contracción.

¿Qué es el modelo oscilante?

Una consecuencia del modelo del Big Crunch. Las expansiones y las contracciones se alternarían continuamente. El ciclo completo sería: Big Bang, expansión, frenado, detención, contracción, agujero negro, singularidad y vuelta a empezar.

¿En qué consiste el Big Rip?

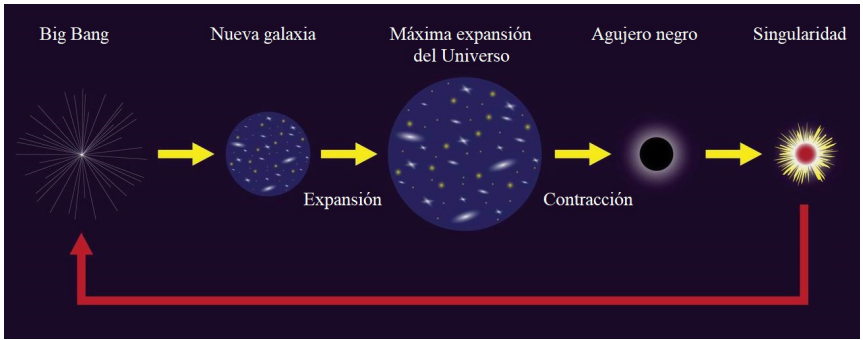
En que el Universo tiene una duración indefinida pero el ritmo de expansión del Universo se acelera. Todos los cuerpos celestes se disgregarán en partículas elementales separadas. La tasa de expansión sería infinita.

¿Qué es el multiverso?

Es una hipótesis que postula la existencia de Universos paralelos, cada uno con su materia, su energía, su espacio vacío y sus leyes físicas.

¿Qué es el modelo de concordancia?

Es aquel que explica la radiación de fondo de microondas, la estructura a gran escala del Universo, las supernovas y la aceleración de la expansión del Universo.



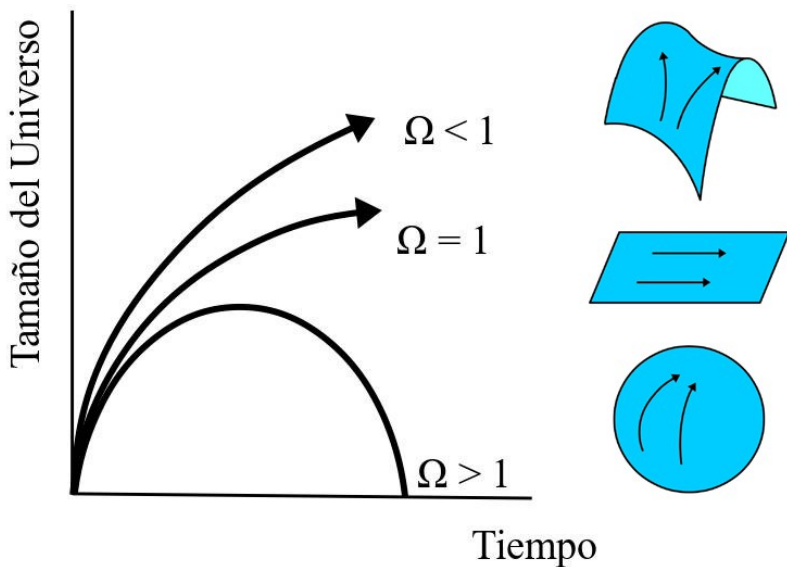
Modelo oscilante

¿Están relacionados la densidad del Universo, el destino del Universo y la forma del espacio?

Sí, lo están, de esta manera:

$\Omega$	Densidad del Universo	Destino del Universo	Forma del espacio-tiempo
= 1	Igual que la crítica	Big Freeze o Big Rip	Espacio plano
< 1	Menor que la crítica	Big Freeze o Big Rip	Espacio curvo negativo
> 1	Mayor que la crítica	Big Crunch	Espacio curvo positivo





Destinos posibles del Universo

¿Qué es una singularidad?

Es el punto del espacio-tiempo en el que el volumen es cero y la densidad, infinita.

¿Cuándo y dónde se produce una singularidad?

Se produce tras el colapso gravitacional de estrellas muy masivas. Ocurre en el interior de los agujeros negros. En ella, las leyes que conocemos de la Física, no se aplican, no se cumplen.

¿Qué es la materia oscura?

Es la materia del espacio exterior, de naturaleza desconocida y que forma aproximadamente el 73 % de la masa del Universo.

¿Qué tipos de materia oscura se ha propuesto que existen?

La materia oscura caliente y la materia oscura fría.

¿En qué se diferencian?

La materia oscura caliente tiene partículas que viajarían a velocidades cercanas a las de la luz y la materia oscura fría viajaría a velocidades significativamente menores.

¿Qué propone el modelo de la materia oscura caliente?

Que el Universo se formó en estructuras de mayor a menor complejidad, es decir, que primero se formaron cúmulos de galaxias y después éstos se fragmentaron y formaron las galaxias.

¿Qué propone el modelo de la materia oscura fría?

Que primero se formaron los objetos más pequeños y después los más grandes por fusión de los más pequeños. Es el modelo más aceptado hoy.

¿Cuáles son las partículas de la materia oscura fría?

Las WIMPs (Weak Interactive Massive Particles, partículas masivas débilmente interactuantes). Interactuarían sólo gracias a la interacción débil y a la gravedad.

¿Cuáles son las partículas de la materia oscura caliente?

Son partículas que viajan a velocidades relativistas, es decir, velocidades cercanas a las de la luz. El candidato más probable es el neutrino.

¿Qué son los neutrinos?

Son partículas elementales de masa muy pequeña y de la misma familia que el electrón. Se produce en los procesos termonucleares de las estrellas. Hasta ahora, su existencia es teórica y no se han podido cazar neutrinos experimentalmente.

¿Qué dos formas hay de medir la densidad del Universo?

Midiendo la cantidad de materia brillante y midiendo la masa dinámica.

¿En qué consiste el método de medir la cantidad de materia brillante?

En medir la materia de todos los cuerpos celestes observables: galaxias, nebulosas, estrellas, etc.

¿En qué consiste el método de medir la masa dinámica?

Consiste en observar el movimiento de unas galaxias cuando giran alrededor de otras.

¿Qué valor de la masa se obtiene con cada método?

Con el de la materia brillante, la masa es el 4 % de la necesaria para detener la expansión. Con el de la masa dinámica, la masa es del 30 %.

¿A qué se debe esta discrepancia?

A que existe una gran cantidad de masa que existe y no vemos. Sabemos que existe por los efectos gravitatorios que provoca. Esa masa es lo que se llama materia oscura.

¿Cuál es el futuro de nuestro Sol?

A nuestro Sol le quedan unos 5.000 millones de años de vida. Cuando se vaya acercando el final de su vida, irá creciendo y aumentando su temperatura, convirtiéndose en una gigante roja. Se liberará de sus capas exteriores y se convertirá en una enana blanca. La vida en la Tierra será imposible por entonces debido a las enormes temperaturas.



Evolución del Sol

¿Cuál es el futuro más probable para nuestro Universo?

El Big Freeze, es decir, el Universo continuará en expansión, las estrellas se apagarán, el Universo se oscurecerá, la entropía del Universo será máxima y las galaxias colapsarán en agujeros negros. Todos los procesos termodinámicos desaparecerían, incluida la vida.