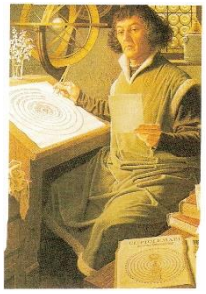
EL SISTEMA SOLAR

HISTORIA DEL CONOCIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR

El sistema solar ha sido investigado en las diversas épocas de la humanidad. En la actualidad, gracias al desarrollo de las ciencias, el telescopio y a la carrera espacial, es posible conocer con mayor detalle las características de cada uno de los componentes del sistema solar.

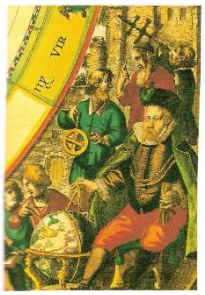
Las primeras observaciones astronómicas de las que se tiene registro fueron hechas aproximadamente cuarenta siglos antes de Cristo en un pueblo de Asia Central, cuyo conocimiento se esparció por el resto de Asia, Europa, Egipto y Mesopotamia, donde se conocieron algunas constelaciones, se predijeron los movimientos de la Luna y se hizo un calendario basado en sus desplazamientos.

Los griegos, entre los siglos VI y 11 a. C. aproximadamente, desarrollaron modelos geométricos para relacionarlos con sus observaciones. La escuela pitagórica y Aristóteles proponían que el cosmos estaba formado por esferas concéntricas que giraban alrededor de la Tierra, en las cuales los astros estaban fijos, siendo la Tierra el centro del Universo. Con la fundación de Alejandría en el siglo 111 a. C. surge un gran centro científico en el que Hiparco hizo notables aportes a la Astronomía. Fue Aristarco de Samos, en el siglo 11 a. c., quien propuso que la Tierra giraba alrededor del Sol. Sin embargo, el modelo geocéntrico siguió predominando durante los siguientes 1.700 años.



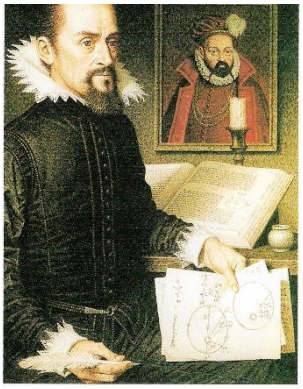
Durante la época del Renacimiento, los astrónomos Purbach y Regiomontano retoman el "Almagesti" (nombre árabe de Sintaxis Matemática), tratado de astronomía de Tolomeo. Nicolás Copérnico (1473-1543) desarrolla las ideas de Aristarco aplicándole los métodos geométricos de Tolomeo y de Hiparco. ostuló que el Sol ocupaba el centro del cosmos y todos los planetas giraban en círculo alrededor de él, es decir, planteó un modelo heliocéntrico del sistema solar. Junto con Ticho Brahe, Kepler, Galileo y más tarde Newton, comienza una nueva era de la astronomía donde se desarrollan nuevos conocimientos basados en modelos matemáticos y rigurosas observaciones instrumentales.

En el centro de esta piedra de 4 m de diámetro conocida como Calendario Azteca se encuentra el sol, señor de la tierra. Esta piedra representa la creencia Azteca de que el universo había pasado por cuatro mundos anteriores que fueron destruidos. Ahora nos encontramos en el quinto, condenado a ser destruido por terremotos



Ticho Brahe introduce en la ciencia la importancia de la precisión en la observación, en la construcción de los instrumentos de medida y en la medición. Perdió parte de su nariz en un duelo de matemáticos para demostrar quien sabía más

El danés Tycho Brahe (1546-1601), uno de los mayores astrónomos prácticos del siglo XVI, midió la posición de los planetas con gran precisión. Para Tycho, el Sol circulaba alrededor de la tierra (inmóvil) y el resto de los planetas giraban en torno al Sol. Johanes Kepler (1571-1630) partió de las observaciones de Tycho Brahe y aplicando sus conocimientos matemáticos logró plantear las tres leyes del movimiento planetario que llevan su nombre.



A finales del siglo XVI, Galileo Galilei descubrió cuatro lunas de Júpiter utilizando un telescopio diseñado por él, lo que significó que, a partir de ese momento, el hombre podía ver objetos en el cielo que le eran antes invisibles disminuyendo la limitación causada por los sentidos. Con esto se iniciaba la astronomía telescópica. En el mismo siglo, Isaac Newton sintetizó el problema del movimiento de los planetas y los astros en su ley de gravitación universal. A partir de este planteamiento, los progresos en los estudios astronómicos fueron rápidos y constantes; por ejemplo, leonhard Euler (1707-1783) perfeccionó el modelo de las órbitas planetarias, en 1781 William Herschel descubrió el planeta Urano, en 1846 Urbain Le Verrier descubrió Neptuno y en 1915 Percival Lowell sostuvo la existencia de un noveno planeta: Plutón, la que fue confirmada solo en 1930, aunque se observó recién en 1950. Hoy en día Pluton no es considerado un planeta.

La astronomía prosperó aún más con el desarrollo e invención de nuevos instrumentos, tales como los espectrómetros y los fotómetros. Con la aparición de nuevas técnicas de fotografía y el aumento del tamaño de los telescopios, fue posible obtener imágenes de los astros más nítidas y exactas. Además, los satélites artificiales y las sondas espaciales permiten actualmente a los astrónomos abandonar la Tierra como punto de observación y enviar información desde el espacio exterior. Aparece la radioastronomía que es una rama de la astronomía basada en el análisis de la emisión y absorción de distinto tipo de radiaciones. Todos estos avances han permitido tener una idea más clara de cómo se formó el sistema solar.

Uno de los aportes de Johanes Kepler fue establecer que la órbita de los planetas alrededor del Sol no era circular sino elíptica.

LOS PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR

Según el conocimiento actual de la ciencia, el sistema solar está formado por nueve planetas que giran alrededor de una estrella central llamada Sol en órbitas elípticas a diferentes distancias de él. De acuerdo a su tamaño, masa y densidad, los planetas del sistema solar se dividen en planetas terrestres o **terranos**: **Mercurio, Venus, Tierra y Marte**, también llamados planetas interiores según su ubicación, y en planetas gigantes o **jovianos**: **Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno** que se les llama planetas exteriores. Observaciones astronómicas han detectado otros objetos en el sistema solar, como el Sedna (cuerpo tipo planeta a 13.000 millones de km) que se han descartado como planetas.

PLANETAS TERRANOS

Mercurio

No posee atmósfera y está cubierto de cráteres. La temperatura en su superficie varía desde -180°C en su cara opuesta al Sol hasta 430°C en su cara próxima al Sol. Es difícil verlo a simple vista desde la Tierra, se pone en el horizonte antes de oscurecer.

VENUS

De atmósfera espesa formada por nubes de ácido sulfúrico y grandes cantidades de CO_2. Su tamaño es similar al de la Tierra. Es el tercer objeto m{as brillante después del Sol y de la Luna. Su temperatura es cerca a los 480°C.

TIERRA

Se ha desarrollado ampliamente la vida debido a que es el único que posee agua y oxígeno y porque se encuentra a una distancia óptima del Sol. Su temperatura varía de -70°C a 50°C.

MARTE

Posee una superficie caracterizada por rocas de color rojizo, gigantescos volcanes y grandes desiertos. Tiene una delgada atmósfera de CO_2 Su temperatura oscila entre -120 °C y 25°C. Entre Marte y Júpiter existe una región del espacio llena de rocas en órbita conocida como el cinturón de asteroides.

Planetas	Radio ecuatorial	Distancia al Sol (km.)	Lunas	Periodo de Rotación	Órbita	Inclinación del eje	Inclin. orbital
Mercurio	2.440 km.	57.910.000	0	58,6 dias	87,97 dias	0,00 º	7,00 º
Venus	6.052 km.	108.200.000	0	-243 dias	224,7 dias	177,36 º	3,39 º
La Tierra	6.378 km.	149.600.000	1	23,93 horas	365,256 dias	23,45 º	0,00 º
Marte	3.397 km.	227.940.000	2	24,62 horas	686,98 dias	25,19 º	1,85 º
Júpiter	71.492 km.	778.330.000	63	9,84 horas	11,86 años	3,13 º	1,31 º
Saturno	60.268 km.	1.429.400.000	33	10,23 horas	29,46 años	25,33 º	2,49 º
Urano	25.559 km.	2.870.990.000	27	17,9 horas	84,01 años	97,86 º	0,77 º
Neptuno	24.746 km.	4.504.300.000	13	16,11 horas	164,8 años	28,31 º	1,77 º
Plutón	1.160 km.	5.913.520.000	1	-6,39 días	248,54 años	122,72 º	17,15 º

PLANETAS JOVIANOS

JÚPITER

Es el más grande del sistema solar. Su superficie no es sólida sino que formada por hidrógeno y helio líquido. Tiene además un cinturón de nubes de cristales de amoníaco congelado y carbono, azufre y potasio. Posee una mancha roja tres veces más grande que la Tierra. Tiene una temperatura media de -150 °C.

SATURNO

Está rodeado por un sistema de anillos formado (según se cree) al fragmentarse uno de sus satélites naturales por la acción de las fuerzas gravitatorias del planeta. Su tamaño es similar al de Júpiter y su temperatura promedio es de -180 °C.

URANO

De color azul verdoso por la constitución de su atmósfera (metano). También está rodeado de un finísimo sistema de anillos compuestos de grandes piedras y polvo fino. Su tamaño es semejante al de saturno. Tiene una temperatura promedio de -214 °C.

NEPTUNO

De atmósfera tormentosa y delgadas nubes de cirros y metano helado. Su temperatura media es de -220°C

PLANETAS ENANOS

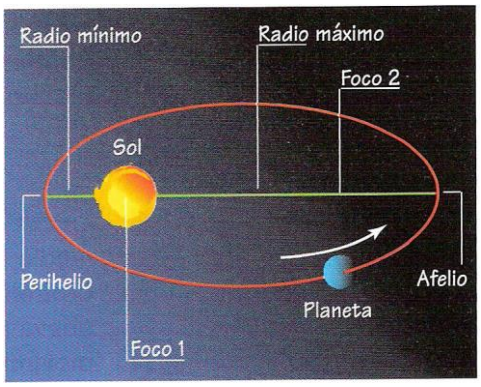
PLUTÓN

Es el planeta más alejado del Sol y fue descubierto en 1930. Su órbita está fuera del plano de las órbitas del resto de los componentes del sistema solar. Su superficie está compuesta de roca y hielo; su temperatura es de unos -230 °C.

LEYES DE KEPLER

PRIMERA LEY DE KEPLER

Esta ley dice que: *Los planetas describen órbitas elípticas en torno al Sol y que este se ubica en uno de los* focos *de la elipse.*



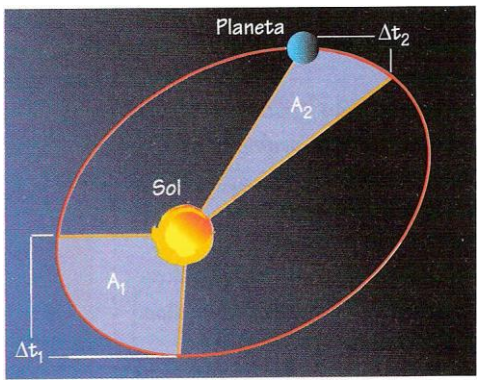
Esto tiene dos consecuencias prácticas.

- La primera es que la órbita de los planetas es plana y, con excepción de Plutón, está contenida aproximadamente en un plano conocido como el plano de la eclíptica.
- La segunda es que la distancia de cada planeta al Sol cambia en cada punto de su trayectoria, lo que permite identificar dos puntos: aquel más distante al Sol, que se llama afelio, y el más cercano, llamado perihelio.

SEGUNDA LEY DE KEPLER

La segunda ley de Kepler, que también se conoce como la ley de las áreas, plantea que: *La línea que une* a *un planeta cualquiera con el Sol (radio vector) barre áreas iguales en tiempos iguales.*

Es decir, el planeta emplea el mismo intervalo de tiempo */jt* en recorrer dos arcos elípticos de longitudes diferentes. Esto significa que el movimiento de un planeta entorno al Sol es variado y que la velocidad con que el planeta se mueve cambia en cada punto de la elipse.



Si $\Delta t_1 = \Delta t_2$ entonces, $A_1 = A_2$

TERCERA LEY DE KEPLER

Esta ley dice que: *El cuadrado del periodo de revolución de un planeta en torno al Sol es directamente proporcional al cubo del radio medio R_m de la órbita.*

$$T^2 = k \cdot R_m^2$$

Donde

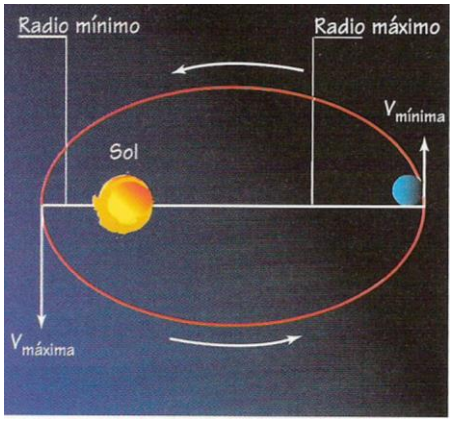
T es el período de revolución

R_m es la distancia media del planeta al Sol

k es la constante de proporcionalidad que es igual para todos los planetas del sistema solar.

Esta ley deja claro que el movimiento de los planetas puede ser descrito en términos matemáticos, ya que permite predecir las características del movimiento de un planeta cualquiera a partir del conocimiento de las características del movimiento de otro.

Por ello, con frecuencia se suele escribir la tercera ley de Kepler de la siguiente manera:



$$\frac{T_1^2}{R_{m_1}^3} = \frac{T_2^2}{R_{m_2}^3}$$

En ella,

T_1 es el período de revolución del planeta 1

R_{m1} es la distancia media de dicho planeta al Sol,

T_2 es el período de revolución de otro planeta

R_{m2} es la distancia media dé este segundo planeta al Sol.

LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Isaac Newton unificó la explicación del movimiento de los cuerpos en la Tierra con la del movimiento de los planetas, postulando que la gravedad es la que origina dicho movimiento, haciendo que todos los astros interactúen entre sí. La ley de gravitación universal establece un Universo dinámico en el que todos los cuerpos interactúan gravitatoriamente. Esta ley plantea que "la fuerza de atracción gravitacional es directamente proporcional al producto de las masas de los cuerpos que interactúan e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación entre ellos". La expresión matemática de esta ley está dada por la siguiente relación:

$$F = G\frac{M_1 \cdot M_2}{r^2}$$

Donde

F es la fuerza de atracción gravitacional (el signo menos indica atracción)

M_l *y* M_2 son las masas de los cuerpos que se atraen

r la distancia de separación entre ellos

G es la constante de gravitación universal, calculada por Lord Cavendish unos 100 años después que Newton formulara su ley, y cuyo valor es:

$$6{,}67 \times 10^{-11}\ N\ \frac{m^2}{kg^2}$$

En esta ley se ve que la intensidad de la fuerza disminuye a medida que el planeta se aleja del Sol. Además establece la forma en que se produce esta disminución: si la separación entre dos cuerpos aumenta al doble, por ejemplo, entonces la fuerza gravitacional entre ellos se reduce a la cuarta parte. Esta ley es conocida como una ley del inverso del cuadrado. ¿Qué sucede con la intensidad de la fuerza entre los cuerpos si la distancia entre ellos se reduce a la quinta parte?

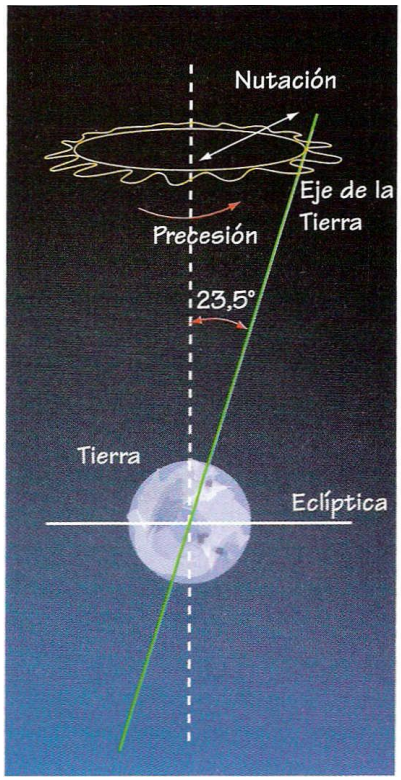
Los alcances de la ley de gravitación universal y de las leyes del movimiento enunciadas por Newton son enormes. Han permitido deducir, explicar y predecir el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra; el movimiento de los satélites naturales de los planetas; las masas relativas de la Tierra, el Sol y los planetas; la aceleración de gravedad de los planetas entre otras cosas.

LA TIERRA Y SUS MOVIMIENTOS

Los movimientos de la tierra más conocidos son los de traslación en torno al Sol y de rotación en torno a su propio eje. La rotación explica la alternancia del día y la noche mientras que la inclinación del eje respecto a la eclíptica explica la ocurrencia de las estaciones del año.

La Tierra, en su movimiento a través del espacio, tiene varios movimientos causados por su forma y por la interacción gravitacional con el resto de los planetas y cuerpos del Sistema Solar. Además de la rotación y de la traslación, la Tierra tiene otros movimientos entre los cuales están los de precesión y nutación.

- **Rotación**. Este movimiento, que da origen al día y la noche, es el que realiza la Tierra en 24 horas (23 horas, 56 minutos y 4 segundos). La velocidad de rotación de cualquier punto de la superficie terrestre depende de la latitud. Por ejemplo, un punto ubicado en la latitud 0°, (sobre el ecuador terrestre), rota con una velocidad aproximada de 465 *mis* y cualquier punto ubicado en latitud 30° Sur es de 402 *mis.* La velocidad de rotación terrestre es máxima en el ecuador y nula en los polos como consecuencia de la forma geodesica terrestre.



- **Traslación**. En este movimiento, la Tierra emplea un tiempo de 365 días, 5 horas, 48 minutos y 45 segundos, es decir, aproximadamente 365 días, correspondientes a un año. Cada cuatro años el tiempo "sobrante", se agrega al mes de febrero como un día completo, constituyendo un año bisiesto.

  La Tierra gira alrededor del Sol a una velocidad de unos 29,7 km/s, que varía dependiendo de su mayor o menor cercanía al Sol.

La causa de las estaciones del año es la inclinación del eje de rotación terrestre con respecto a la eclíptica. La separación de estos períodos la marcan posiciones especiales de la Tierra en su órbita elíptica. En los **equinoccios**, que ocurren dos veces al año, el día y la noche en ambos hemisferios tienen la misma duración porque el Sol se encuentra directamente sobre el ecuador. Los equinoccios se producen el 20 o 21 de marzo, que marca el inicio del otoño en el hemisferio sur y de la primavera en el hemisferio norte, y el 20 o 21 de septiembre. Los **solsticios** ocurren cuando el Sol se encuentra en las posiciones más alejadas de la línea ecuatorial, visto desde la Tierra. Uno se produce el 21 de junio y marca el inicio del invierno en nuestro hemisferio y del verano en el hemisferio norte. El otro el 21 de diciembre y da inicio al verano en el hemisferio sur y al invierno en el hemisferio norte.

- **Precesión.** La atracción gravitacional del Sol y la Luna sobre la Tierra provoca una especie de balanceo en la Tierra durante su movimiento de traslación llamado "precesión de los equinoccios", que se efectúa en sentido inverso al de rotación, en que el eje va describiendo un doble cono de 47° de abertura (cada 26.000 años), cuyo vértice está en el centro de la Tierra

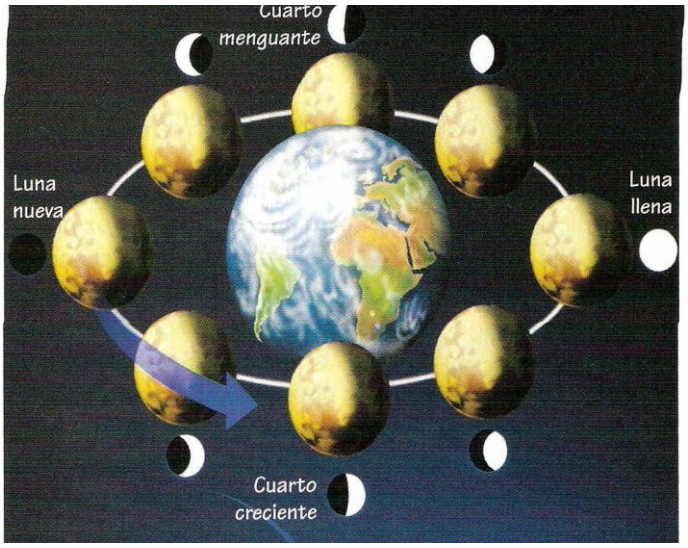
- **Nutación.** Este movimiento que se superpone con el de precesión, causa un leve "vaivén" del eje de la Tierra. Como la Tierra no es esférica, la atracción de la Luna sobre el abultamiento ecuatorial de la Tierra provoca el fenómeno de nutación.

LA LUNA: NUESTRO SATÉLITE NATURAL

La Luna gira en torno a la Tierra con una órbita de unos 384 mil kilómetros de radio y un período de 29,5 días. Su gravedad corresponde a 1/6 de la gravedad terrestre, carece de atmósfera y su período de rotación sobre su propio eje es de 24 horas.
Al mirar la Luna con el ojo desnudo, se pueden distinguir dos grandes tipos de terrenos: las mesetas relativamente brillantes y las llanuras más oscuras. Los astrónomos han observado en la superficie lunar más de 25.000 cráteres con diámetros entre 240 km y 1 km.

Debido a que la Luna no tiene atmósfera, no presenta fenómenos meteorológicos y al no haber aire que atrape la luz solar, el cielo es siempre negro. Su superficie es montañosa, con cráteres formados por el choque de asteroides que colisionaron con la Luna en su etapa de formación. La temperatura en su superficie oscila entre los -153 °C en la noche y los 107 °C durante el día.

LA LUNA Y SUS MOVIMIENTOS



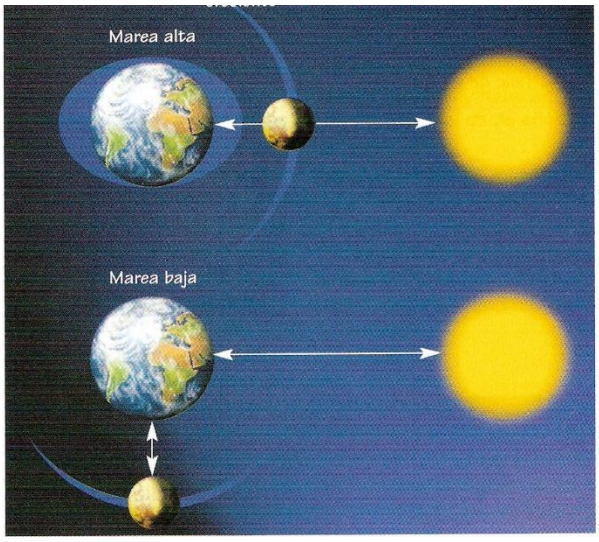
La Luna tiene dos movimientos: rotación sobre su eje y traslación alrededor de la Tierra. Estos movimientos son sincrónicos, es decir la Luna tarda lo mismo en girar una vez sobre sí misma que en girar alrededor de la Tierra, y es por esto que siempre vemos la misma cara de la Luna.

Una vez al mes la Luna da una vuelta completa alrededor de la Tierra, completando un ciclo cada 29,53 días, considerando la traslación de la Tierra. El ciclo de la Luna es observable desde la Tierra como cambios de forma que se ven en la noche. Esto ocurre porque al desplazarse en su órbita, la Luna va cambiando gradualmente de posición, produciéndose las fases de la Luna.

FASES DE LA LUNA

Cuando la Luna se sitúa entre el Sol y la Tierra, no podemos verla puesto que su cara iluminada está "de espaldas" a nosotros. A esta fase se le llama **Luna nueva.** Al seguir su órbita, la vemos como un semicírculo, fase llamada **cuarto creciente.** Cuando la Tierra queda ubicada entre la Luna y el Sol, podemos ver la totalidad de esta, conociéndose a esta fase como **Luna llena.** Cuando se empieza a observar nuevamente como semicírculo, se dice que está en **cuarto menguante.** Las fases intermedias entre la Luna nueva y llena se llaman crecientes y entre la Luna llena y nueva, menguantes.

- ✓ **Las mareas.** La Luna ejerce una atracción gravitacional sobre el agua de los océanos. El efecto de esta atracción en el lado de la Tierra más próximo a la Luna es atraer el agua hacia la Luna produciéndose la marea alta. Al mismo tiempo, también se produce marea alta en las aguas ubicadas en el lado de la Tierra más distante a la Luna. Debido a la rotación de nuestro planeta las mareas altas ocurren cada 12 horas.



Sin embargo, el Sol, por alejado que se encuentre, ejerce una influencia gravitacional sobre las aguas oceánicas terrestres. Cuando el Sol y la Luna están alineados, aproximadamente cada dos meses, sus efectos gravitacionales se combinan y se producen mareas muy altas, llamadas "spring tide". En cambio, cuando la Luna y el Sol se encuentran perpendiculares entre sí, lo que ocurre aproximadamente cada dos meses, los efectos gravitacionales se cancelan y se producen mareas extremadamente bajas, llamadas "neap tide" o marea muerta.

✓ LOS ECLIPSES.

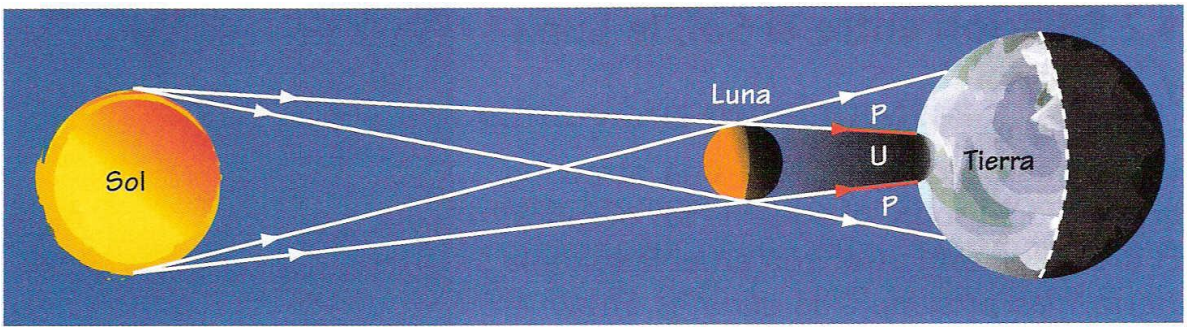
Los eclipses son fenómenos naturales que desde la antigüedad han llamado la atención del hombre. Cuando la Tierra, el Sol y la Luna están completamente alineados se producen los eclipses.

El plano orbital de la Luna alrededor de la Tierra, está inclinado con respecto a la ecliptica aproximadamente 5°, por esto, los eclipses de sol y de luna solo pueden verse cuando la Luna nueva o llena está cerca de la línea de intersección de estos dos planos.

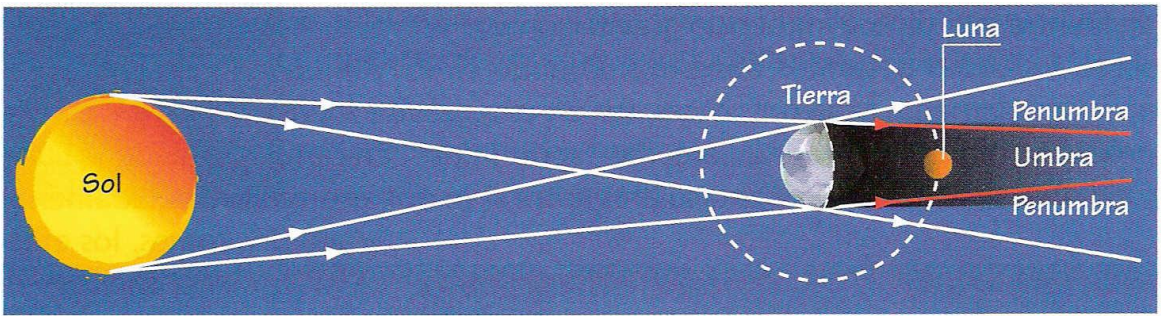
ECLIPSES DE SOL

Este tipo de eclipse se produce cuando la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra, tapando al Sol en un momento de su trayectoria y proyectando su sombra sobre nuestro planeta. Dependiendo del grado de alineamiento entre la Luna, el Sol y la Tierra, se pueden producir eclipses parciales o totales.

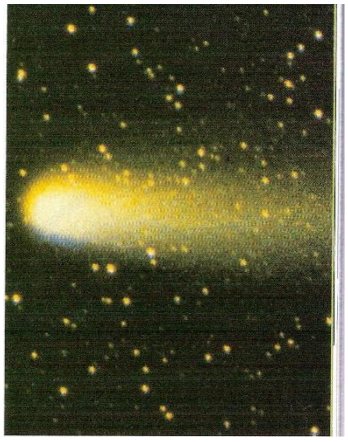
Cuando se produce un eclipse parcial, la intensidad de la luz del Sol en una región de la Tierra se ve disminuida, mientras que si el eclipse es total, la intensidad de luz disminuye de tal manera que se oscurece en pleno día.



ECLIPSES DE LUNA. Cuando la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna se produce un tipo de eclipse denominado eclipse lunar. En este tipo de eclipses la Luna penetra en la umbra que proyecta la Tierra. Al igual que en el caso de los eclipses solares, es posible la ocurrencia de eclipses lunares parciales y totales. Sin embargo, estos eclipses se observan con mucha mayor frecuencia que los eclipses solares.

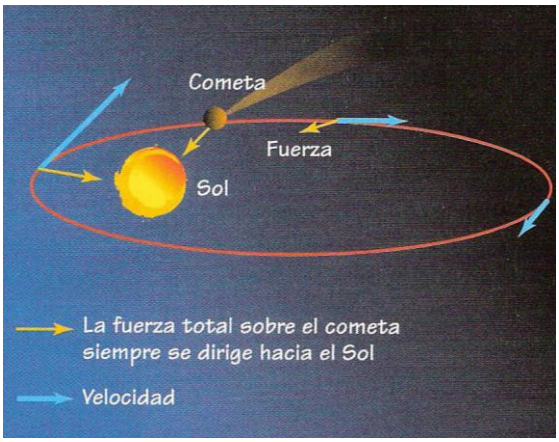


✓ LOS COMETAS



Los cometas son cuerpos celestes en órbita que se formaron en los primeros tiempos del sistema solar y están constituidos por hielo y gases. Tienen una cabeza y una cola que siempre se orienta alejándose del Sol.

Otro de los objetos celestes que se observan en el sistema solar son los llamados cometas. Lo más notable de estos es su cola, lo que ha servido para darles su nombre: *kometes,* en griego, significa de pelo largo. Estos objetos, de gran espectacularidad, forma irregular y de unos pocos kilómetros de extensión, son conocidos desde la antiguedad y con frecuencia se les ha atribuido influencias nefastas sobre la Tierra. En la actualidad se tiene registro de más de 878 cometas diferentes y sus órbitas han sido perfectamente calculadas.



Los cometas tienen masas del orden de 1.016 kg (unas 109 veces menor que la masa terrestre) y, al igual que los planetas del sistema solar, están sujetos por la gravitación al Sol. Se componen básicamente de una mezcla de hielo y gases congelados, principalmente. monóxido y dióxido de carbono y de polvo que por alguna razón nunca fue incorporado a los planetas en la formación del sistema solar. Por ello, también se les conoce como bolas de nieve sucias.

En 1950, el astrónomo holandés Jan 60rt, propuso que los cometas se habrían formado durante los comienzos del sistema solar, en regiones más distantes del Sol y de la órbita de Urano. Este lugar periférico al sistema solar se conoce como la nube de Oort.

Tienen un núcleo central, el que es sólido y está formado por hielo, gas, polvo y otros sólidos. Mediciones hechas en 1986 por las naves *Giotto* y *Vega* mostraron un núcleo alargado (como una papa) de 900 km^3. Tienen una densa nube de agua, dióxido de carbono y otros gases que envuelven al núcleo y que se llama coma. Ambos conforman la cabeza del cometa. Cuando el cometa se aproxima en su órbita a una distancia entre 1 UA y 2 UA comienza a desarrollar su cola o cabellera, la que puede alcanzar extensiones mayores a 1 UA. Este fenómeno se produce debido a la interacción entre el cometa y las partículas cargadas lanzadas por el Sol conocidas como viento solar. La presión ejercida por la radiación solar produce que la cabellera del cometa siempre se oriente hacia el lado opuesto de donde se ubica el Sol Tienen un núcleo central, el que es sólido y está formado por hielo, gas, polvo y otros sólidos. *En la fotografía, el cometa Halley*

EL UNIVERSO

Al observar el cielo nocturno es posible ver diversos objetos celestes, tales como: galaxias, nebulosas, cúmulos estelares, estrellas y agrupaciones de estrellas llamadas constelaciones.

Desde la antigüedad, el ser humano ha imaginado formas entre las estrellas del cielo. Los griegos por ejemplo, unieron conjuntos de estrellas con una línea imaginaria, formando diversas figuras que representaban objetos, seres vivos o seres mitológicos, propios de su cultura y les dieron nombres que se mantienen hasta hoy. Estos grupos de estrellas son las constelaciones.

- **CONSTELACIONES**

Hay algunas constelaciones que se pueden distinguir fácilmente en el cielo nocturno. Por ejemplo, en época de verano podemos observar la constelación de Orión, una de las más conocidas en nuestro hemisferio por el brillo de sus estrellas, especialmente de las "Tres Marías" ubicadas en el "Cinturón de Orión". En invierno se distingue nítidamente la constelación de Escorpión, que se caracteriza por su estrella roja muy brillante: Antares. También resulta muy fácil de ubicar en nuestro hemisferio la Cruz del Sur.

Es importante recordar que debido a nuestra ubicación en el hemisferio sur ya la inclinación del eje terrestre, el cielo que vemos es distinto (en parte) al que se puede observar desde el hemisferio norte.

La estrella más brillante que podemos ver en la noche es Sirio, que se ubica en la constelación del Can Mayor. Es fácil ubicar a Sirio ya que se encuentra cerca de Orión, en la línea que describen las "Tres Marías". Avanzando por la misma línea podemos ver una estrella rojiza de menor intensidad llamada Aldebarán, de la constelación de Tauro, y un conjunto de estrellas llamadas Pléyades, que en realidad son un cúmulo estelar constituido por cientos de estrellas, de las que solo distinguimos unas pocas.

Si la noche está muy despejada podemos apreciar sobre nosotros una franja con alta densidad de estrellas que recorre el cielo, esto corresponde a parte de la galaxia en la cual vivimos, llamada Vía Láctea, y que nosotros observamos desde dentro.

- **CÚMULOS ESTELARES**

Los cúmulos estelares son agrupaciones de miles de estrellas nacidas de una misma nube madre cuya forma permite diferenciar entre los cúmulos globulares y los irregulares. Los cúmulos globulares están formados por millares de estrellas que orbitan, de manera ordenada, en torno al núcleo de la galaxia y poseen forma esférica. Los cúmulos irregulares, en cambio, no poseen ningún ordenamiento particular, sino que se encuentran al interior del disco galáctico.

- **ESPACIO INTERESTELAR**

Se llama espacio interestelar al espacio existente entre las estrellas y otros objetos al interior de una galaxia. En este espacio se encuentran contenidas las estrellas y las nebulosas. El espacio interestelar no debe ser confundido con el llamado espacio intergaláctico, que corresponde al inmenso espacio existente entre las galaxias.

- **NEBULOSAS**

Las nebulosas corresponden a nubes difusas de gas y polvo interestelar. Generalmente, estas nubes se enriquecen producto de la explosión de una estrella gigante que termina su ciclo de vida. En otros casos, en el interior de una nebulosa están naciendo estrellas. Desde la superficie de la Tierra y con un buen binocular es posible observar la nebulosa de Orión en el centro de la constelación del mismo nombre y la nebulosa del Saco de Carbón, ubicada en la Cruz del Sur.

Nebulosa de ORION. Una nebulosa está constituida principalmente por hidrógeno, otros gases y polvo

Las Pléyades son un cúmulo estelar formada por estrellas jóvenes y brillantes.

LA VIDA DE LAS ESTRELLAS

Las estrellas se forman en las nebulosas interestelares debido a la atracción gravitacional. Luego de que se ha condensado mucha materia, la temperatura se eleva hasta producir reacciones termonucleares de fusión. La vida de una estrella queda determinada por su masa.

Las estrellas que observamos en el cielo (que son solo una pequeña parte de las que existen en el Universo), son enormes esferas de gases a muy alta temperatura que emiten radiación electromagnética (luz) y partículas. La información proveniente desde las estrellas (luz) ha permitido conocer distintas propiedades internas y externas de ellas y además, estimar su edad, su composición química, su ciclo de vida, etc.

FORMACIÓN DE UNA ESTRELLA

Las estrellas se originan en nubes de hidrógeno y helio molecular llamadas nebulosas interestelares. Las partículas dentro de esta nube se mueven al azar, lo que hace que existan regiones de diferente densidad. En los sectores de mayor densidad, las fuerzas gravitacionales permiten que las partículas se agrupen y actúen como conjunto para atraer nuevas partículas. Este proceso es extremadamente lento, pudiendo durar millones de años. Así, se va formando una nube condensada a una temperatura muy baja, cerca del cero absoluto, la que se contrae continuamente por efecto de las fuerzas gravitacionales generando una gran presión sobre la parte central, haciendo que aumente la temperatura. El gas comprimido tiende a calentarse, aumentando notablemente la temperatura del núcleo, en esta etapa de formación se habla de una protoestrella. Cuando los gases al interior de la protoestrella alcanzan unos 10 millones de grados kelvin, el hidrógeno, principal elemento constituyente de una estrella, comienza a experimentar reacciones ter-monucleares que lo convierten en helio, liberándose grandes cantidades de energía en forma de radiación. Después de este proceso se considera que se ha formado una estrella.

DURACIÓN DE UNA ESTRELLA

Una vez que se ha formado una estrella, se mantiene durante la mayor parte de su desarrollo un equilibrio entre las fuerzas que actúan dentro de ella. La fuerza ejercida por la presión de la radiación contrarresta a las fuerzas gravitacionales de las capas más externas, evitando la implosión de la estrella (disminución brusca de su tamaño). Así las estrellas pueden brillar durante millones o miles de millones de años, mientras dure la transformación del hidrógeno en helio, hasta que el hidrógeno finalmente se agota y la estrella muere.

MASA DE UNA ESTRELLA

La propiedad principal que determina la duración de una estrella es su masa, la que se expresa en relación a la masa del Sol (M_{soi})' Cuanto mayor masa posee una estrella, más rápido transforma sus gases mediante reacciones termonucleares y por tanto vive menos tiempo. Las estrellas muy masivas solo viven unos millones de años y terminan con una explosión llamada supernova, mientras que las que tienen menos masa pueden brillar durante miles de millones de años y acaban su vida con una expansión de su materia, formando una nube de gas que luego se enfría formando una nebulosa planetaria.

Una protoestrella con menos del 10% de la masa del Sol, no genera suficiente presión ni temperatura en su interior para producir las reacciones termonucleares necesarias para convertirse en una estrella. En el otro extremo, si la masa de la estrella en formación es de más de 80 veces la masa del Sol (80 M_{so1})' la presión de radiación será demasiado alta, impidiendo su condensación, por lo que tampoco se forma una estrella. En el rango intermedio de masas están todas las estrellas que conocemos.

LA MUERTE DE UNA ESTRELLA

Las estrellas mueren cuando se agota su combustible nuclear. El final de una estrella es diverso y dependiendo de su masa puede ser una enana blanca, una enana negra o una supernova, la que, a su vez, puede acabar en un agujero negro o en una estrella de neutrones.

La forma en que termina la vida de una estrella no es igual para todas. El astrofísico nacido en India, Subrahmanyan Chandrasekhar (premio Nobel de Física en 1983), estableció que las estrellas presentan finales distintos, básicamente de acuerdo a su masa.

EI FINAL DE UNA GIGANTE ROJA. Las estrellas cuyo núcleo tiene una masa inferior a 1,4 M_{so1} (límite de Chandrasekhar) evolucionan hasta convertirse en gigantes rojas. En la etapa final de una gigante roja ya no existe temperatura suficiente para fusionar el carbono y el oxígeno, entonces la región central de la estrella se contrae y arroja al espacio las capas externas. En su interior queda un tipo de estrella llamada enana blanca la cual tiene una temperatura muy elevada y el tamaño de la Tierra, pero con la masa del Sol; su densidad es muy alta, alrededor de un millón de veces más densa que el agua. Finalmente le sigue un proceso de enfriamiento hasta que se convierte en una enana negra. Nuestro Sol terminará como una enana blanca.

LA MUERTE DE UNA ESTRELLA SÚPER GIGANTE.

Si la masa del núcleo es superior a 1,4 M_{Sol} las estrellas se consideran súper gigantes y tienen un fin diferente. Al llegar a su etapa final, una súper gigante continuará contrayéndose para formar elementos cada vez más pesados (con mayor número atómico), hasta quedar con un núcleo de hierro. La evolución estelar llega entonces a una etapa en la que no se producen reacciones termonucleares con liberación de energía. Al no haber presión de radiación, se produce una contracción gravitacional intensa que desencadena una explosión conocida como supernova. Esta explosión libera gran cantidad de energía y al mismo tiempo lanza al espacio interestelar las capas exteriores de la estrella, las que pasan a formar una nebulosa.

¿Qué ocurre con los restos de la supernova?

Cuando la masa residual de la explosión es de 3 M_{Sol} Y además está confinada en un diámetro de 10 a 30 km, los restos de la supernova corresponden a una estrella de neutrones (ver figura). Si queda con una masa superior a 3 M_{sol} nada detiene el colapso gravitacional, la concentración es de gran magnitud por lo cual se origina un agujero negro. El objeto compacto formado genera una gravedad extremadamente intensa, que hace que ni siquiera la luz pueda salir de él.

La supernova 1987a ha sido observada paso a paso por el telescopio Hubble

NUESTRA ESTRELLA: EL SOL

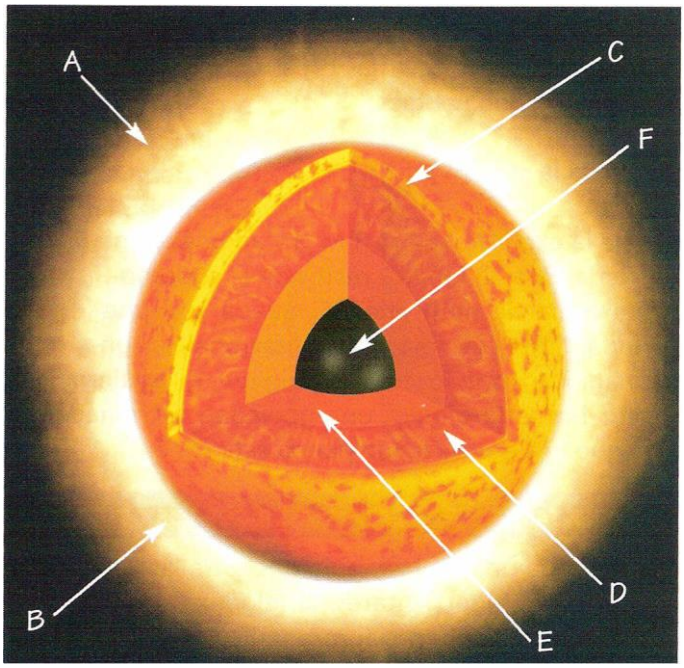
El Sol es la estrella más cercana a la Tierra. Está compuesto por hidrógeno y helio y tiene unos 4.600 millones de años. En su interior se producen reacciones nucleares de fusión que liberan enormes cantidades de energía.

Su composición actual es aproximadamente un 74% de hidrógeno y un 24% de helio, cualquier otro elemento tiene una proporción del orden del 0,1%. Su masa es de unos 2 x 10^{30} kg (unas 300 mil veces mayor que la masa de nuestro planeta), con un diámetro de 1.390.000 km (unas 220 veces mayor que el diámetro terrestre).

El Sol se comporta como un gigantesco reactor nuclear de fusión en el que los átomos de hidrógeno en su interior, se fusionan formando helio y liberando gran cantidad de energía, en un proceso denominado fusión nuclear. Esta energía viaja desde el núcleo en forma de radiación electromagnética y partículas hacia el exterior. Una vez que la radiación abandona la superficie del Sol, su luz demora alrededor de 8 minutos en llegar hasta nosotros.

En su interior existe un balance entre la fuerza de atracción gravitacional que tiende a contraer al Sol y la fuerza expansiva producida por la energía nuclear liberada y radiada desde el núcleo.

La superficie del Sol está en continua actividad y con frecuencia presenta tormentas y explosiones violentísimas, que lanzan gases y crean campos magnéticos a cientos de miles de kilómetros de altura, formando las llamadas protuberancias solares.



A. La corona *es* una envoltura exterior de gases que *se* extiende hasta unos 3 millones de kilómetros hacia el espacio *con* temperaturas próximas a 1.000.000 °K. A simple vista es solo visible durante *los* eclipses.

B. La cromosfera o esfera de color es la zona donde se producen las protuberancias solares. Tiene unos 2.000 km de espesor, durante los eclipses solares se ve como un delgado aro de color rojizo.

C. La fotosfera o esfera de luz tiene un espesor del orden de los 100 km. Es la capa solar que se aprecia a simple vista y es donde se encuentran las manchas solares. Tiene una temperatura de 5.800 °K.

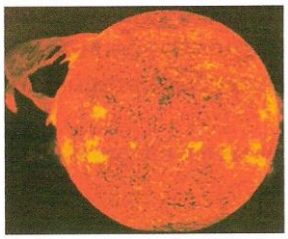
D. La zona de convección tiene unos 140.000 km de espesor. En esta zona el calor se transmite a través de la convección (el gas caliente sube y el frío baja).

E. La zona radiactiva tiene unos 380.000 km de espesor.

F. El núcleo mide aproximadamente 600.000 km de diámetro y alcanza temperaturas de 15.600.000 °K, es allí donde se produce la fusión nuclear y donde se libera la energía en forma de fotones gamma y X.

OBSERVACIÓN DEL SOL

Los astrónomos han desarrollado numerosos procedimientos para observar el Sol, ya que no se puede mirar directamente por un telescopio, debido a que la intensa radiación luminosa puede producir lesiones en el ojo, Una de las técnicas es "filtrar" la luz, dejando entrar al telescopio radiación solamente dentro de un cierto rango de energía,



La imagen muestra una protuberancia en la cromosfera del Sol. A este fenómeno también se le conoce como "llamarada solar", Consiste en masas de gas lanzadas hacia el exterior y que toman la forma de los campos magnéticos solares que son mucho más complejos y variables que la magnetosfera terrestre. Los diferentes colores grafican zonas de distinta temperatura.

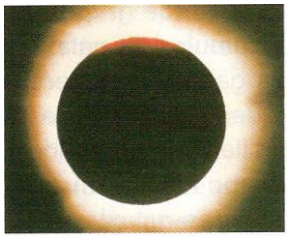
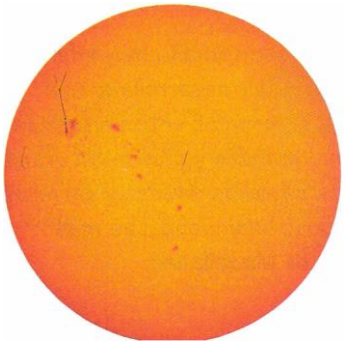


Imagen de la corona solar como la que se puede ver a simple vista durante un eclipse. Para observar la corona sin estar en un eclipse, se necesita de un instrumento llamado cronógrafo que se instala en el telescopio y que oculta la parte más brillante del Sol (fotosfera).

La corona solar vista en una imagen de falso color. Este tipo de imágenes se utiliza para describir propiedades físicas como la temperatura o la intensidad del campo magnético.



Fotografía de la fotosfera. Los puntos negros que aparecen en la superficie son "manchas solares", Algunas son más grandes que la tierra. Las vemos oscuras porque su temperatura (4.000 °K) es menor con respecto a su entorno. Los gases al interior de una mancha se enfrían por fenómenos magnéticos. La observación de ellas permite calcular el período de la rotación del Sol.

GALAXIAS

Las galaxias son conjuntos de estrellas, gases y polvo, unidas por la fuerza de gravedad. Se clasifican por su forma en espirales, elípticas e irregulares. Además, se agrupan en cúmulos que se mueven alejándose entre sí.

Una galaxia está formada por gases, polvo y estrellas que se mantienen unidas por efecto de la gravedad. Las galaxias se estructuran de maneras diferentes y por lo tanto adquieran formas distintas. De acuerdo a su forma y estructura, es posible clasificar las galaxias en elípticas, espirales e irregulares.

Distribución de las galaxias

Generalmente las galaxias no se encuentran solas, sino que forman parte de grupos llamados **cúmulos de galaxias.** Nuestra galaxia pertenece a un pequeño conjunto de 26 galaxias llamado **grupo local.** En el grupo local se encuentran algunas galaxias vecinas como la de Andrómeda (espiral), la galaxia de la constelación del Triángulo (espiral menor), las Nubes de Magallanes (irregular), otras galaxias irregulares menores, y algunas elípticas enanas.

Movimiento de las galaxias

A comienzos del siglo XX, **Edwin Hubble** descubrió que **todas las galaxias se alejan** de la Vía Láctea con velocidades proporcionales a la distancia a que se encuentran de ella. Es decir, todas las galaxias se están alejando entre sí, fenómeno que se enmarcaría en un proceso de expansión del Universo.

La teoría del **big-bang** o de la gran explosión se evidencia en el descubrimiento de Hubble. Como todas las galaxias se alejan entre sí, podríamos proyectamos hacia el pasado de la expansión, llegando a un momento en el cual todo el Universo se encontraba concentrado en un punto a una temperatura infinitamente alta. **Al** estar el Universo confinado en este estado absolutamente denso y explosivo, se deben haber producido desequilibrios en su interior que dieron origen al nacimiento del Universo a través de una gran explosión, conocida con el nombre de big-bang.

- ✓ **Las galaxias elípticas.** Se caracterizan por tener una estructura muy regular, y por contener una gran población de estrellas viejas. Presentan poco gas y polvo interestelar, además de algunas estrellas nuevas en formación. Poseen diversos tamaños desde gigantes a enanas. Las galaxias s elípticas son las más viejas de todas. Su luz proviene de muchas gigantes rojas.

- ✓ **Las galaxia5 espirales.** Su forma corresponde a discos achatados que contienen algunas estrellas viejas y también una gran población de estrellas jóvenes. Además, contienen bastante polvo y gas, por lo que poseen zonas brillantes y otras oscuras. Las galaxias espirales son las más comunes del Universo, de hecho nosotros vivimos en una de ellas: la **vía Láctea.**

- ✓ **Las galaxias irregulares.** Por su tamaño muy inferior a las anteriores, parecen no haber desarrollado una estructura muy definida. En general, están situadas cerca de las galaxias más grandes y presentan grandes cantidades de gas, polvo, estrellas jóvenes y estrellas en formación. Son muy poco luminosas. Las más conocidas son las **Nubes de Magallanes.**

LA VÍA LÁCTEA: LA GALAXIA DONDE VIVIMOS

La Vía Láctea es una galaxia espiral con 200.000 millones de estrellas, que se formó hace 10.000 millones de años. Ubicada en el cúmulo local, su diámetro es tan grande que la luz requiere 100.000 años para viajar desde un extremo a otro.
La zona del cielo nocturno donde observamos la constelación de Sagitario corresponde al centro de nuestra galaxia. El Sol, por su parte, se encuentra en el brazo de Orión, a una distancia media de 30.000 años-luz del centro.

ESTRUCTURA DE LA VÍA LÁCTEA

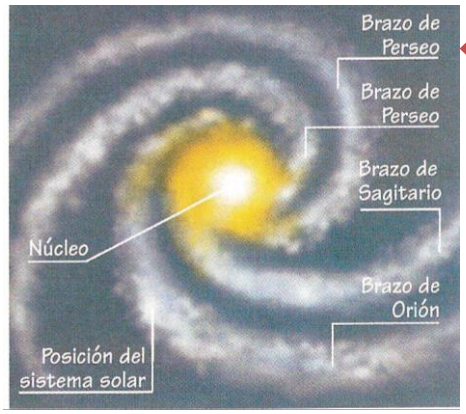
El centro de esta galaxia es un núcleo denso y esférico de estrellas en el que quizá exista un agujero negro. Este núcleo está rodeado por un disco de brazos en espiral en el que hay estrellas jóvenes. ¡En uno de sus brazos está ubicado el sistema solar!

MOVIMIENTOS DE LA VÍA LÁCTEA

La galaxia tiene un movimiento de rotación en torno a su centro de unos 200 km/s. A pesar de esta gran velocidad y del tamaño de la Vía Láctea, el Sol demora 200 millones de años en dar una vuelta completa a la galaxia. El disco que da forma a la galaxia, tiene una rotación diferencial, esto significa que las estrellas al interior del disco se desplazan más rápido que el Sol y las más exteriores se desplazan más lento que el Sol. De esta forma, con el transcurso del tiempo van cambiando las estrellas que vemos a nuestro alrededor, desaparecen las constelaciones y aparecen otras nuevas. ¡ Es probable que el cielo de nuestros antepasados haya sido diferente al nuestro!

TAMAÑO DE NUESTRA GALAXIA

La Vía Láctea tiene un diámetro de 100.000 años-luz, lo que significa que un rayo de luz demora 100 milenios en atravesar la galaxia de un extremo a otro. Para tener una idea de esta distancia piensa que se necesitarían más de 1.000 generaciones de seres humanos para hacer este viaje.



EXPLORACIÓN DEL ESPACIO

El espacio puede ser estudiado y conocido analizando las radiaciones que proceden de él. Para ello se emplean diversas técnicas dependiendo del tipo de radiación recibida, como los telescopios ópticos, los radiotelescopios, los espectrógrafos.

Desde el Universo recibimos muchas señales diferentes (luz) lo que ha impulsado al hombre a desarrollar tecnologías para recoger esas señales, que luego son traducidas e interpretadas. Esto ha dado lugar al surgimiento de distintos campos en la astronomía. Además, el gran avance de la tecnología computacional, de la electrónica digital y de los sistemas ópticos, han permitido extender cada vez más las fronteras del espacio conocido.

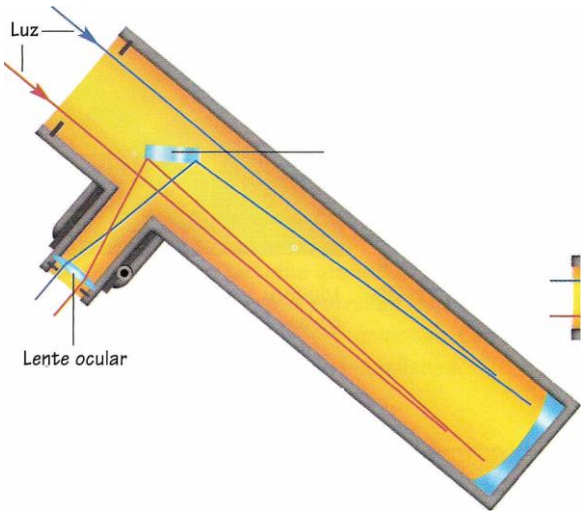
TELESCOPIOS ÓPTICOS

La exploración del espacio a través de telescopios ópticos es muy antigua. Alrededor de 1609, el astrónomo italiano Galileo Galilei empezó a usar por primera vez el telescopio para observar cuerpos celestes. Luego fabricó sus propios telescopios, en [illegible] potente de ellos tenía un aumento de 30 veces. Los telescopios utilizados y c[illegible] por Galileo eran refractores, es decir, usaban una lente para captar la luz de los cuerpos celestes. Posteriormente se inventó un nuevo tipo de telescopio: el reflector, que utiliza un espejo para captar la luz. El primer telescopio reflector fue construido por Isaac Newton en 1668.

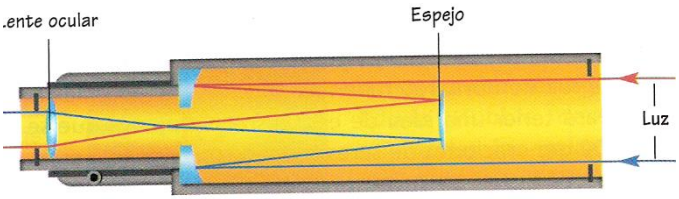
Espejo plano

TELESCOPIO REFLECTOR DE NEWTON.

El telescopio reflector utiliza un espejo *curvo* para focalizar la luz *procedente de los objetos celestes* y formar una imagen delante *o* detrás del espejo principal. *Los telescopios de* grandes *dimensiones son todos reflectores,* ya que *es más sencillo montar espejos de* gran *tamaño en* lugar *de* lentes.



Existen *distintos tipos de telescopios reflectores,* pero *los más corrientes son los newtonianos* y *los de tipo* Cassegrain.



Telescopio reflector de Cassegrain.

TELESCOPIO REFRACTOR DE GALILEO.

El *telescopio* refractor tiene una lente llamada objetivo, encargada *de recoger* y *enfocar* la luz necesaria para *obtener* una imagen. Esta imagen *es observada* a través *de otra* lente que aumenta el *tamaño:* el ocular. Generalmente *no se* pueden construir *telescopios refractores de* grandes *dimensiones, debido* a que las lentes grandes tienden a *distorsionar* la *forma de los objetos.*

OTRAS TECNOLOGÍAS

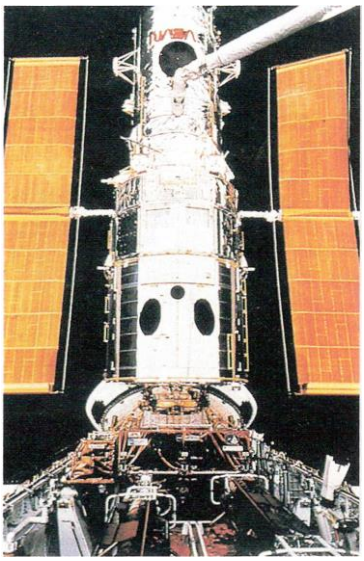
Desde la construcción de los primeros telescopios, la astronomía ha avanzado de una manera impresionante, en relación con el avance de la tecnología. Se utilizan telescopios de grandes dimensiones, en que las observaciones y los análisis de los datos se hacen a través de computadores, que incluso pueden estar situados muy distantes de los telescopios.

Además, se utilizan equipos auxiliares a los telescopios, como el espectrógrafo, que permite obtener registros de las diferentes longitudes de onda captadas en las observaciones estelares y guardar la información para análisis posteriores.

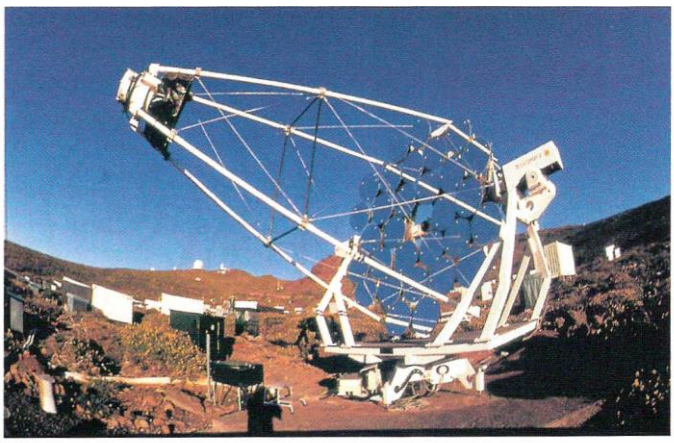
El telescopio fotográfico es otra técnica bastante usada que capta fenómenos que pasarían inadvertidos a nuestros ojos. Mediante la comparación de dos placas fotográficas obtenidas al fotografiar la misma región del cielo los astrónomos pueden identificar la aparición de algún objeto estelar, como por ejemplo, una supernova.

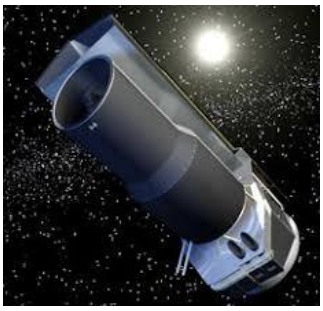
Las nuevas áreas de investigación surgidas en la astronomía, producto del desarrollo de nuevas tecnologías, permiten en la actualidad recoger otro tipo de señales provenientes del Universo, que aportan información adicional para su conocimiento. Por ejemplo, con la radioastronomía se pueden "escuchar" señales de radio que tienen origen en diferentes puntos del Universo, y la astronomía de rayos X, que ha tenido un gran avance con la puesta en órbita del telescopio de rayos X, Chandra.
Los radiotelescopios permiten captar ondas electromagnéticas provenientes del espacio que se encuentran fuera del rango visible.

El telescopio espacial Hubble permite obtener imágenes mucho más claras del universo debido a que se encuentra orbitando fuera de la atmósfera terrestre.



Algunos telescopios están diseñados para captar radiación electromagnética para elevados valores de frecuencia, como los telescopios gamma





El telescopioEspacial Chandra de rayos X es un aparato especializado en observaciones astronómicas en el rango de rayos X

El telescopio Spitzer (Spitzer Space Telescope [SST], por sus siglas en inglés) es un aparato que se especializa en observaciones astronómicas en el rango infrarrojo,

¡Este observatorio espacial (SOlar and Heliospheric Observatory [SOHO], por sus siglas en inglés), es un aparato especializado en observaciones astronómicas de nuestro Sol,

COSMOLOGÍA: MODELOS DEL UNIVERSO

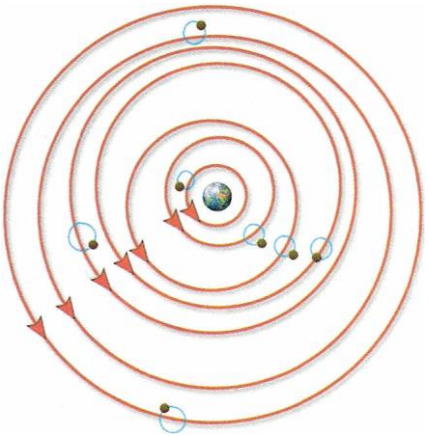
Durante la historia se han desarrollado diferentes modelos del Universo: desde los modelos antiguos de Ptolomeo y Copérnico hasta los modelos contemporáneos de un Universo infinito y abierto o de uno finito y cerrado.

La **cosmología** intenta explicar la estructura y los procesos que ocurren en el Universo a gran escala.

Casi todas las teorías que se han desarrollado en la historia del hombre han estado limitadas por la observación, así, por ejemplo, para los pensadores antiguos fue perfectamente natural considerar la idea de que planetas, estrellas, Sol y Luna, giraban en torno a la tierra en órbitas circulares. Observaciones más detalladas, junto al desarrollo de la matemática y la física, fueron estableciendo nuevos modelos del Universo, basados en el conocimiento científico y alejándose cada vez más de las concepciones teológicas (la explicación del Universo y su orden a través de una divinidad).

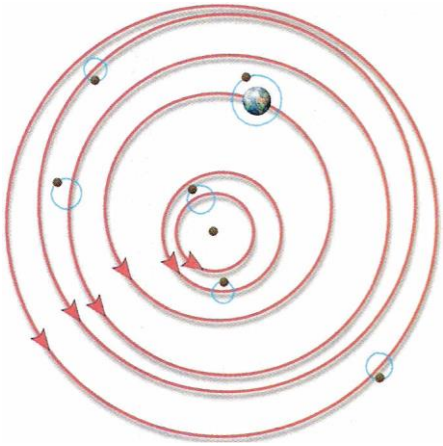
Actualmente, en cosmología contemporánea, siguen apareciendo nuevas ideas y evidencias a favor de una teoría o de otra, convirtiéndose en un buen ejemplo de que el conocimiento nunca está finalizado, sino que se perfecciona con el tiempo y la labor investigativa.

Modelos antiguos



Los antiguos griegos idearon muchos modelos para explicar el Universo y su comportamiento. **El** modelo de mayor éxito fue el elaborado por el gran astrónomo **Claudio Ptolomeo** en el siglo 11 d. C. Él suponía que los planetas se movían en círculos alrededor de la Tierra la que permanecía estacionaria en el centro, mientras los planetas, incluidos el Sol y la Luna, giraban en torno a ella. Este modelo de sistema solar se conoce como **modelo geocéntrico.**

En el siglo XVI, el astrónomo polaco **Nicolás Copérnico** presentó un modelo más sencillo para sustituir el de Ptolomeo. En el modelo de Copérnico, el Sol está en reposo, y los planetas, incluyendo la Tierra, giran alrededor de él en órbitas circulares: es el **modelo heliocéntrico.** Este modelo tuvo muchos problemas con las convicciones religiosas de la época. El modelo de Copérnico fue apoyado y mejorado por el danés Tycho Brahe, el que legaría sus observaciones a su discípulo, el alemán Johannes Kepler, que más adelante formularía las famosas leyes del movimiento planetario (leyes de Kepler).



Desde que Galileo observó por primera vez el cielo a través de un telescopio, la astronomía ha evolucionado rápidamente; en la actualidad se recolecta información a través de grandes telescopios ópticos, radiotelescopios, sondas espaciales, incluido el telescopio espacial Hubble. Estas observaciones han ido de la mano con la formulación de nuevos modelos del Universo.

Los avances de las teorías físicas son fundamentales para predecir o explicar estas nuevas informaciones. Cuando Albert Einstein desarrolló su teoría de la relatividad, el modelo del Universo vuelve a modificarse. La teoría de Einstein explicaba que si la gravedad pudiera volverse lo suficientemente fuerte podría atrapar a la luz. Sin embargo, para que la gravedad fuera tan fuerte debería ser un cuerpo extremadamente denso, es decir, con una masa enorme comprimida en un pequeño espacio. Esta idea ha planteado la existencia de los agujeros negros.

EL FUTURO SEGÚN EINSTEIN

Según las ecuaciones de Einstein se presentan tres posibilidades para el futuro del Universo en relación a un cierto valor crítico para la densidad de la materia en él:

- Si la densidad media es menor al valor crítico, el Universo es abierto y se continuará expandiendo para siempre, y cuando todo esté infinitamente separado y frío, vendrá el *"big* chill" (gran frío).
- Si la densidad media de la materia es igual al valor crítico, entonces el Universo se expandirá a una velocidad siempre lenta y eventualmente dejará de expandirse.

- Si la densidad media es mayor al valor crítico, el Universo es cerrado, lo cual significa que con el tiempo dejará de expandirse, empezará a contraerse, y finalmente se acabará, aproximadamente dentro de 20 mil millones de años en un *"big* crunch" (gran implosión) que sería el inverso del "big bang".

Uno de los problemas más importantes en la cosmología moderna es determinar de si el Universo es abierto o cerrado.

Usando la estimación más generosa de la masa de todas las galaxias, la densidad de la masa del Universo todavía es aproximadamente 20 veces más pequeña que la densidad crítica.

Esto sugiere fuertemente que el Universo es abierto, pero quedan posibilidades de que cantidades significantes de materia existan entre las galaxias y no estén consideradas.

Es importante mencionar, por último, que los modelos del Universo se siguen modificando sobre la base de las últimas teorías y descubrimientos.

Uno de los principales problemas que enfrentan los observatorios astronómicos es el de la contaminación lumínica producida por las luminarias del alumbrado público de los pueblos y ciudades cercanas a su emplazamiento. Este tipo de contaminación impide la visión clara y nítida de los cielos, de manera similar a lo que sucede cuando se desea mirar por la noche el jardín de una casa a través de la ventana de una habitación iluminada. Para mejorar la nitidez de la observación del jardín se debe reducir al máximo la luz de la habitación. Este es el problema que está experimentando, por ejemplo, el observatorio de cerro Tololo debido al constante crecimiento de las zonas urbanas de la ciudad de La Serena. Sin embargo, una posible solución pasa por el correcto diseño de los focos luminosos, de manera que no emitan luz hacia arriba de ellos, sino que exclusivamente lo haga hacia el suelo.

LOS OBSERVATORIOS EN NUESTRO PAÍS

Los cielos del norte de Chile, en particular los comprendidos entre la II y la IV regiones, presentan condiciones óptimas para la observación astronómica. Allí se encuentran los principales telescopios del mundo pertenecientes a las más prestigiosas organizaciones internacionales. Es el caso de la ESO (Observatorio Europeo para el hemisferio sur), que pertenece a ocho países de la Comunidad Europea, y que mantiene en operación los observatorios La Silla y Paranal. Otra de estas organizaciones es la AURA (Association for Research in Astronomy), que opera el Observatorio Interamericano de cerro Tololo. Finalmente, también se encuentra presente en nuestro país la OCIW (Carnegie Institution of Washington) con el Observatorio Las Campanas ubicado en el cerro del mismo nombre.

Sin embargo, nuestro país también cuenta con un observatorio propio ubicado en la IV Región. Se trata del Observatorio Comunal Cerro Mamalluca, ubicado en la localidad de Vicuña y que se encuentra emplazado en el cerro Mamalluca. Este centro observacional tiene fines didácticos y recibe la visita de estudiantes de diferentes puntos del país.

La cúpula del Gémini Sur en cerro Pachón al atardecer

ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR EN TU CUADERNO

1. Realice una Línea de Tiempo en relación al conocimiento del Sistema Solar

2. Responda brevemente
   a. ¿En que se diferencian los Planetas Terranos de los Planetas Jovianos?
   b. ¿Cuál es la importancia de la Leyes de Kepler?
   c. ¿Qué aporte hizo Isaac Newton al conocimiento del Movimiento Planetario?
   d. ¿Qué alcances tiene la Ley de Gravitación Universal?
   e. ¿Qué movimientos realiza el planeta Tierra?
   f. ¿A que velocidad se mueve la Tierra en torno al Sol?, ¿esta es constante? Explique
   g. ¿Qué factores determinan las estaciones del año?
   h. Defina los conceptos de PRECESION y NUTACION
   i. ¿Qué características tiene la Luna?
   j. ¿Cuál es la razón que hace que veamos siempre la misma cara de la Luna?
   k. ¿Cómo incide la Luna sobre la Tierra?

3. Señale las características de los COMETAS

4. Indique las estructuras que están presentes en el UNIVERSO y sus características

5. Explique las etapas de vida de una estrella

6. Señale como es la estructura del Sol y sus principales características dimensionales y temperatura

7. Mencione los tipos de GALAXIAS y sus características

8. Indique las características de la VIA LACTEA

9. ¿Cómo se clasifican los TELESCOPIOS?, ¿qué tipos existen?

10. Realice una línea de tiempo de la Concepción del Universo

11. Indique el rol que cumple CHILE en la ASTONOMIA

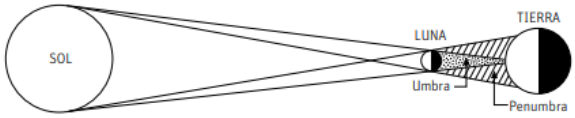
12. Realiza las siguientes actividades en tu cuaderno.

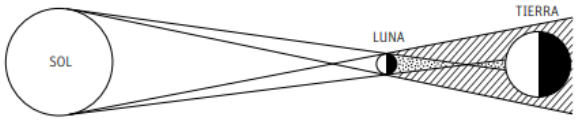
a) Completa la siguiente tabla, con algunos datos de los planetas rocosos del sistema solar

Planeta	Gravedad	Atmósfera	Masa	Radio (km)
Mercurio				
Venus				
Tierra				
Marte				

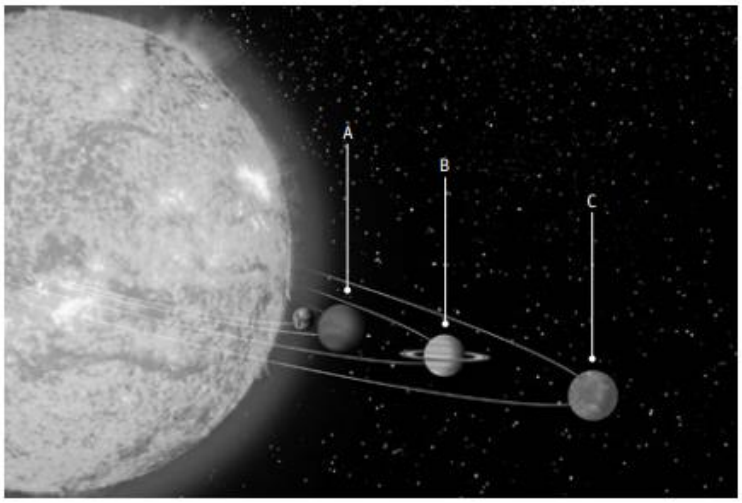
b) ¿De qué regiones del sistema solar proceden los cometas? ¿Por qué a medida que se acercan al Sol, presentan una cola cada vez más larga?

13. ¿Qué tipos de eclipses se representan en los siguientes diagramas?



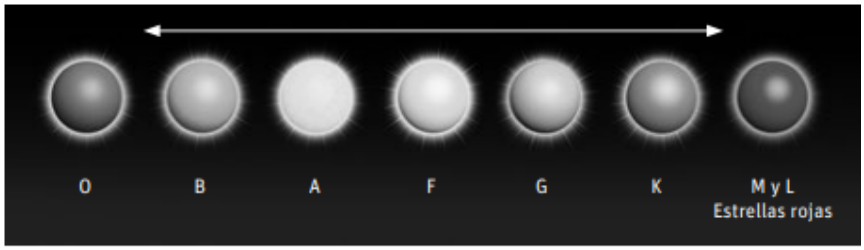


14. Un grupo de astrónomos, que observa un sistema planetario fuera de nuestro sistema solar, desea saber cómo son los períodos orbitales de los planetas A, B y C.



¿Qué deberían esperar de los períodos orbitales PA, PB y PC, respectivamente?

15. En la imagen se muestra la clasificación de las estrellas según el tipo espectral.



¿En cuál de las siguientes opciones se entrega, de manera correcta, la relación entre la temperatura (T) de algunas de estas estrellas?

A. $T_O = T_B$

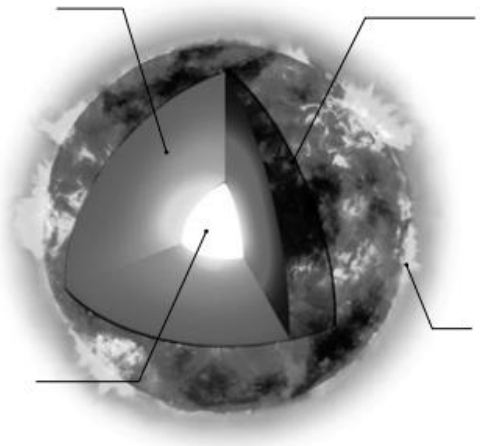
B. $T_B < T_F$

C. $T_K > T_G$

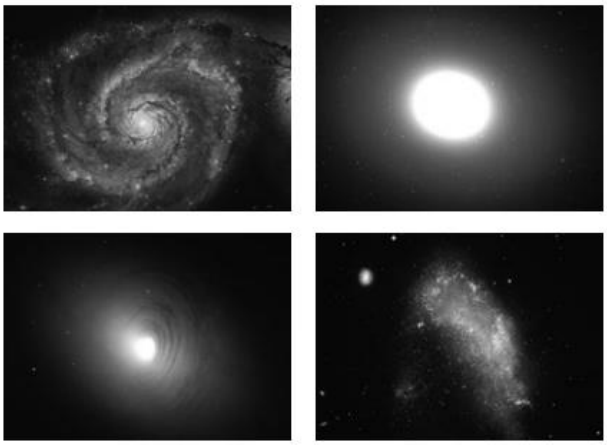
D. $T_F = T_G$

E. $T_O > T_A$

16. En el siguiente esquema de una estrella, señala qué partes corresponden al manto, la cromosfera, al núcleo y la corona. Luego, define cada uno de ellos.



17. Observa las siguientes galaxias. Luego, clasifícalas según la secuencia de Hubble.



18. Completa la siguiente tabla transformando las distancias de la columna izquierda, según lo solicitado.

Distancia	Transformación solicitada	Resultado
10 años luz	En metros (m)	
26 pc	En años luz	
$5 \cdot 10^{36}$ m	En parcec (pc)	
100 pc	En metros (m)	
49 años luz	En parcec (pc)	
1000 pc	En años luz	

19. ¿Qué agrupaciones de galaxias existen?
20. Explica uno de los métodos para detectar exoplanetas
21. Completa la siguiente tabla, señalando qué tipo de telescopio es cada uno y qué rango del espectro electromagnético capta.

Telescopio	Tipo	Rango del espectro que capta
VLT		
AlMA		
Hubble		
Chandra		
Kepler		

MARCA LA ALTERNATIVA CORRECTA

1. ¿Cuál es el planeta más cercano a la Tierra?
   A. Venus.
   B. Marte.
   C. Luna.
   D. Mercurio.
   E. Júpiter.
2. De mayor a menor masa, ¿cuál es el orden correcto de los siguientes planetas?
   A. Mercurio, Tierra y Venus.
   B. Mercurio, Venus y Tierra.
   C. Tierra, Venus y Mercurio.
   D. Tierra, Mercurio y Venus.
   E. Venus, Tierra y Mercurio.
3. ¿De qué variable(s) depende la fuerza de atracción gravitacional ejercida por un planeta?
   A. De su densidad.
   B. De su volumen.
   C. De su superficie.
   D. Del volumen y la superficie.
   E. De la densidad y el volumen.

4. ¿Cuál es el planeta del sistema solar de menor tamaño?
   A. Venus.
   B. Marte.
   C. Ceres.
   D. Plutón.
   E. Mercurio.
5. ¿Cuál de los siguientes planetas presenta un mayor período orbital?
   A. Neptuno.
   B. Urano.
   C. Saturno.
   D. Júpiter.
   E. Venus.
6. ¿Cuál(es) de las siguientes condiciones debe cumplir un objeto astronómico para ser considerado un planeta?
   I. Poseer satélites naturales.
   II. Orbitar alrededor de una estrella.
   III. Haber limpiado su vecindad de objetos menores.
   A. Solo I
   B. Solo II
   C. I y II
   D. I y III
   E. II y III
7. ¿Cuál de los siguientes tipos espectrales se acerca más al del Sol?
   A. O
   B. F
   C. K
   D. B
   E. A
8. ¿Qué elementos son los más abundantes en las estrellas?
   A. Helio y oxígeno.
   B. Helio y carbono.
   C. Hidrógeno y helio.
   D. Hidrógeno y oxígeno.
   E. Carbono e hidrógeno.
9. ¿Cuál de los siguientes objetos astronómicos no es parte de una galaxia?
   A. Estrella.
   B. Planeta.
   C. Nebulosa.
   D. Agujero negro.
   E. Cúmulo galáctico.
10. ¿Cómo se clasifican las galaxias según la secuencia de Hubble?
   A. Elípticas, lenticulares, espirales e irregulares.
   B. Esféricas, lenticulares, espirales e irregulares.
   C. Esféricas, lenticulares, barradas e irregulares.
   D. Elípticas, lenticulares, barradas e irregulares.
   E. Circulares, lenticulares, barradas y elípticas.

11. Debido a la fuerza de atracción gravitacional, las galaxias se agrupan en diferentes estructuras. ¿Cómo se denomina la agrupación que contiene menos galaxias?
A. Supercúmulo.
B. Nebulosa.
C. Cúmulo.
D. Grupo.
E. Void. 12.

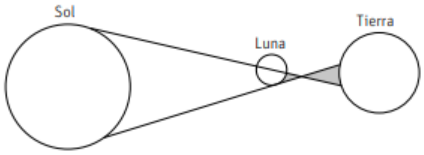
12. Respecto de las nebulosas, se afirma lo siguiente:
I. En ellas se forman estrellas.
II. Contienen una enana blanca en su centro.
III. Fuera del hidrógeno y el helio, contienen una gran diversidad de elementos.
¿Cuáles de las afirmaciones pueden corresponder a características de una nebulosa planetaria?
A. Solo I y II
B. Solo I y III
C. Solo II y III
D. I, II y III
E. Ninguna.

13. ¿Cuáles son los tres satélites naturales más grandes del sistema solar?
A. Titán, Ío y la Luna.
B. Rhea, Titán y la Luna.
C. Tritón, Titania y Titán.
D. Ganímedes, Titán y Calisto.
E. Ganímedes, Tritón y Titania.

14. Respecto de los asteroides y los cometas, ¿cuál(es) de los siguientes enunciados es (son) verdadero(s)?
I. Un asteroide está formado principalmente por hielo, mientras que un cometa, por roca.
II. La mayoría de los asteroides del sistema solar proceden de una región ubicada entre las órbitas de Marte y Júpiter.
III. Cuando un asteroide se acerca al Sol, el hielo del que está formado sublima, generando una espectacular cola.
A. Solo I
B. Solo II
C. III
D. I y II
E. I y III

15. ¿Cuál es el período de rotación de la Tierra y la inclinación del eje en el que realiza este movimiento?
A. ≈ 23 h y 0°
B. ≈ 23 h y 20°
C. ≈ 24 h y 23,4°
D. ≈ 23 h y 23,4°
E. ≈ 365 días y 20°

16. ¿En qué capas se subdivide la atmósfera de una estrella?
    A. Fotosfera, manto y núcleo.
    B. Corona, cromosfera y manto.
    C. Cromosfera, fotosfera y núcleo.
    D. Fotosfera, cromosfera y manto.
    E. Fotosfera, cromosfera y corona.
17. ¿Qué tipo de eclipse se representa en la imagen?



    A. De Sol.
    B. De Sol parcial.
    C. De Sol anular.
    D. De Luna total.
    E. De Luna parcial.
18. ¿Con cuál de los siguientes conceptos se relaciona la magnitud de una estrella?
    A. El color.
    B. El radio.
    C. El tamaño.
    D. La luminosidad.
    E. La temperatura.
19. ¿En qué región de una estrella se produce la mayor parte de su energía?
    A. El manto.
    B. El núcleo.
    C. La corona.
    D. La fotosfera.
    E. La cromosfera.
20. Según la secuencia de Hubble, ¿qué tipo de galaxia es la Vía Láctea?
    A. Espiral.
    B. Elíptica.
    C. Esférica.
    D. Lenticular.
    E. Irregular.
21. ¿Cuál es el tamaño promedio de un supercúmulo de galaxias?
    A. 108 años luz.
    B. 107 años luz.
    C. 106 años luz.
    D. 104 años luz.
    E. 103 años luz.
22. ¿Cómo se denomina al grupo de galaxias del que es parte la Vía Láctea?
    A. Grupo de Capricornio.
    B. Grupo de Andrómeda.
    C. Grupo de Virgo.
    D. Grupo solar.

E. Grupo local.

23. ¿Cuántas galaxias se estima que existen en el universo observable?
    A. Un millón.
    B. Cien millones.
    C. Mil millones.
    D. Diez mil millones.
    E. Cien mil millones.
24. ¿Qué elementos son los más abundantes en una nebulosa?
    A. El hidrógeno y el helio.
    B. El nitrógeno y el helio.
    C. El oxígeno y el hidrógeno.
    D. El nitrógeno y el oxígeno.
    E. El hidrógeno y el carbono.
25. ¿Qué nebulosas se forman después de la explosión de una estrella?
    A. Nebulosas estelares.
    B. Nebulosas solares.
    C. Nebulosas globulares.
    D. Nebulosas planetarias.
    E. Nebulosas gravitacionales.
26. ¿Cuál es el componente principal de un telescopio reflector?
    A. El ocular.
    B. Un prisma.
    C. Un espejo cóncavo.
    D. La lente divergente.
    E. La lente convergente.
27. ¿Cuál de los siguientes instrumentos capta la luz en el espectro de las ondas de radio?
    A. El telescopio VLT.
    B. El telescopio Kepler.
    C. El telescopio Hubble.
    D. El observatorio ALMA.
    E. El observatorio Chandra.
28. ¿Por cuántos telescopios está conformado el VLT?
    A. Por 4 principales y 3 auxiliares.
    B. Por 2 principales y 2 auxiliares.
    C. Por 4 principales y 4 auxiliares.
    D. Por 3 principales y 3 auxiliares.
    E. Por 3 principales y 2 auxiliares.

CONSULTA TUS DUDAS AL CORREO cegiovann@gmail.com, indicando Nombre, curso al que perteneces y docente que realiza la cátedra. Te responderemos a la brevedad.